

LASERKEILAUSAINEISTON HYÖDYNTÄMISMAHDOLLI- SUUKSIA TOIMITUSTUOTANNOSSA

Marko Pennanen

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

2016

Tekniikan- ja liikenteen ala
Maanmittaustekniikan
koulutusohjelma
Insinööri (AMK)

Tekijä	Marko Pennanen	Vuosi	2016
Ohjaaja	Timo Karppinen		
Toimeksiantaja	Maanmittauslaitos		
Työn nimi	Laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuuksia toimitustuotannossa		
Sivu- ja liitemäärä	57 + 3		

Opinnäytetyön päätavoitteena oli selvittää, millaisia käyttömahdollisuuksia Maanmittauslaitoksen tuottamalla laserkeilausaineistolla olisi kiinteistöihin liittyvän Maanmittauslaitoksen toimitustuotannon puolella. Tarkasteltavana oli, miten aineisto otetaan käyttöön, miten sitä jo hyödynnetään sekä mitä muita mahdollisia hyödyntämismahdollisuuksia voisi laserkeilausaineistolla olla.

Työssä kerrotaan Maanmittauslaitoksen tekemästä ilmalaserkeilauksesta sekä siitä, miten pistepilviaineisto luokitellaan käyttäen automaattista prosessointia sekä manuaalista työtä. Maanmittauslaitoksessa on JAKOkii-ohjelmassa käytävissä aineistosta luotu laserkeilausvarjostusaineisto. Sekä luokiteltu laserkeilausaineisto että siitä jalostettu KM2-korkeusmalli ovat valmistumisensa jälkeen saatavissa vapaasti Maanmittauslaitoksen aineistojen latauspalvelusta.

Laserkeilausaineistoa suoraan tai jalostettuna voidaan käyttää monenlaisissa analyyseissä ja mallinuksissa, joista hyvä esimerkki on tulva-aluekartat. Yhdistämällä laserkeilausaineistoa muihin aineistoihin voidaan saada uusia aineistoja, kuten vesistöjen valuma-alueita.

Maanmittauslaitoksella laserkeilausaineistoa hyödynnetään jo monipuolisesti. Tausta-aineistoksi saatavaa laserkeilausvarjostusta käytetään apuna muun muassa kartoituksessa ja maastotöissä. Varsinkin sekä luonnonojat että kaivetut ojat näkyvät aineistossa selkeästi. Aineistolla oleva sijaintitarkkuus usein riittää esimerkiksi luonnonuomiin rajautuvan rajan osalta kiinteistörajan päivityksiinkin varsin mainiosti, mistä löytyi jo kokemusta. Toimitustuotannon osalta varsinkin tilusjärjestelyissä aineistoa on jo hyödynnetty jonkun verran, samoin rantarajojen määrittämisessä.

Asiasanat

laserkeilausaineisto, toimitustuotanto, tilusjärjestely.

School of Technology, Communication
and Transport
Degree Programme of Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Marko Pennanen	Year	2016
Supervisor	Timo Karppinen		
Commissioned by	National Land Survey of Finland		
Subject of thesis	Usage Possibilities of Laser Scanning Material in Land Surveys		
Number of pages	57 + 3		

The objective of this thesis was to find out what kind of usage possibilities airborne laser scanned data has in the National Land Survey of Finland land surveying. The purpose was to study how the laser scanning data is obtained, where it can be found and how it is used effectively.

This thesis described the theory of how the airborne laser scanning in National Land Survey of Finland was performed and how the point cloud data was post processed first with automatic classifying and then through manual work. Many laser scanning data usage possibilities were introduced. Shading pictures was introduced and how they can be used as background images in the JAKOkii program. The public download service offered by the National Land Survey of Finland was introduced. Laser scanning data and the elevation model can be downloaded freely in this service.

Laser scanned data can be used, for example, in the creation of flood area maps. By combining the laser scanned data with other data a new kind of materials like water drain areas can be achieved. Laser scanned data is already exploited with wide range in the National Land Survey of Finland. Laser scanned data offers help to surveying and preparing the fieldwork. Natural brooks and also excavated ditches can be seen very well in the shading. The accuracy of the laser scanning data is enough in most cases. Laser scanned data has been used in land consolidations where the properties are arranged again. After the land survey certain land properties have better shapes and sizes. There may be also fewer properties because land properties are combined. Guidelines that were used when reconfiguring the coastlines were also generated from the laser scanned data.

Key words airborne laser scanning, land consolidation, land surveying

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	7
2 LASERKEILAUSPROSESSI JA AINEISTO	8
2.1 Laservalo	8
2.2 Lasermittauslaitteistot	9
2.3 Maalaserkeilaimet lyhyesti	11
2.4 Ilmalaserkeilaaminen	13
2.5 Laserkeilausaineiston keräysluokittelut	16
2.6 Aineiston käsittelyvaiheet	16
2.7 Aineiston käsittely ja tarkastelu	18
2.8 Aineiston ominaisuudet ja tarkkuus	19
2.9 Aineiston hakeminen ja käyttäminen sekä havaintoja käsittelystä	20
3 LASERKEILAUSAINOSTON JATKOJALOSTUS	21
3.1 Jatkojalostuksen tuotteita	21
3.2 Mallinnukset ja sovellutukset	22
3.3 Analyysit	23
3.4 Käytettävät ohjelmat	26
4 HYÖDYNTÄMINEN TOIMITUSTUOTANNOSSA	27
4.1 Hyödyntämisen nykytilanne toimitustuotannossa	27
4.1.1 Aineiston käyttöönotto JAKOkii -järjestelmässä	28
4.1.2 Eri maankäyttölajien välisten rajojen määrittäminen	29
4.1.3 Rantarajojen määrittäminen	30
4.1.4 Kartoitustyöt	35
4.1.5 Metsätiedon keräys	39
4.1.6 Rajojen määrittäminen	40
4.1.7 Tieoikeuden sijainnin määrittäminen	46
4.2 Muita hyödyntämisen mahdollisuuksia	46
4.3 Aineiston jatkokehitys mahdollisuudet ja tarpeet	50
5 POHDINTAA	51
LÄHTEET	53
LIITTEET	57

ALKUSANAT

Kiitän Maanmittauslaitosta tilaisuudesta saada tehdä tämä opinnäytetyö. Tämän työn tekeminen on ollut varsin opettavaista. Paljon uusia asioita on tullut eteen ja myös monia ahaa-elämyksiä, kun olen hoksannut miten asiat yhdistyvät toisiinsa jollain tavalla.

Samalla eritoten kiitän Visa Korhosta ja Risto Ilvestä työn sisällön ohjaukseen antamastaan isosta panoksesta sekä Seija Kotilaista tuesta ja ohjauksesta työn tekemiseen. Esitän myös kiitokset kaikille muillekin Maanmittauslaitoksen henkilöille, joiden kanssa olen ollut joko tekemisissä työtä tehdessäni tai muutoin vain saanut tukea ja kannustusta. Lapin ammattikorkeakoulun puolesta työn ohjaajana toimineelle Timo Karppiselle esitän tässä myös kiitokseni, kuten myös Aune Rummukaiselle, jonka antama toimitustuotannon opetus antoi kiinnostuksen toimitustuotantoa kohtaan.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ALS	Airborne laser scanning
AVI	Aluehallintovirasto
DEM	Digital Elevation model, korkeusmalli
IMU	Inertial measurement unit
KM2	Korkeusmalli 2. MML:n 2m ruutukoolla tuotettu korkeusmalli
Laser	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
LiDaR	Light Detection and Ranging, lasersäteeseen pohjautuva optinen kaukokartoituslaite
MML	Maanmittauslaitos
SYKE	Suomen ympäristökeskus
UAV	Unmanned Aerial Vehicle, tarkoittaa lentävää miehittämätöntä ilma-alusta (Nordic Geo Center 2012)
3D	Kolmiulotteinen

1 JOHDANTO

Ilmalaserkeilaus tuottaa tarkkaa tietoa maanpinnan muodoista. Maanmittauslaitos aloitti vuonna 2008 ilmalaserkeilaukset tuottaen vuosittain uusilta alueilta laserkeilausaineistoa. Menossa olevan ”Suomi loppuun” – suunnitelman tavoitteena on tarjota koko Suomen kattavat laserkeilausaineistot vuoteen 2019 mennessä.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää erilaisia laserkeilausaineiston käyttömahdollisuuksia eli miten kerättyä aineistoa jo hyödynnetään tai voitaisiin hyödyntää erilaisissa maanmittauslaitoksen toimituksissa. Tavoitteena oli saada kerättyä yhteen tietoa mistä ja miten tätä laserkeilausaineistoa saa ja hiukan esimerkinomaisesti tuoda esiin havaittuja käyttö- ja hyödyntämismahdollisuuksia. Myös laserkeilausaineiston kiinnostavuuden ja tunnettavuuden parantaminen tämän opinnäytetyön kautta oli yksi selkeästi asetettu tavoite.

Laserkeilausaineiston hyödyntämisessä toimitustuotannon puolella, kuten tilusjärjestelyhankkeissa on jo päästy hyvään alkuun. Maanmittauslaitoksen tekemillä tilusjärjestely toimituksilla parannetaan kiinteistörakennetta ja vähennetään huonosta tilusrakenteesta aiheutuvia haittoja maa- ja metsätiloilla. Tilusjärjestelyissä vaikutetaan muun muassa kiinteistöillä sijaitsevien peltolohkojen kokoon, lukumäärään, muotoon ja sijaintiin talouskeskukseen nähden, sekä metsälohkojen kokoon ja muotoon.

Tutkimuksen lopputuloksena saatiin koosteenomaista tietoa, miten toimitustuotanto voisi jo tällä hetkellä hyödyntää laserkeilausaineistoa apuna esimerkiksi tilusjärjestelyissä sekä muissa toimituksissa ja niihin liittyvissä tehtävissä. Hyödyntämismahdollisuuksia löytyi monelta osa-alueelta, jotka auttavat päivittäisessä tekemisessä.

2 LASERKEILAUSPROSESSI JA AINEISTO

Maanmittauslaitos hankkii ja ylläpitää laserkeilausaineistoa, jakaen sitä laatutarkastettuna ja hyväksyttynä vapaasti tarjoamansa latauspalvelun kautta. Koko Suomi on jaoteltu sopivan kokosiin tuotantoalueisiin, joita vuosittain keilataan läpi ennalta tehdyn suunnitelman mukaisesti. Keilaukset alkoivat vuonna 2008 ”Suomi loppuun” – suunnitelmalla, jonka tarkoituksena on saada koko Suomi keilattua läpi kertaalleen vuoteen 2019 mennessä. Liitteenä 1. olevista karttakuvista nähdään viimeisimmät eli vuoden 2015 keilaukset sekä vuodelle 2015 alun perin suunnitellut keilausalueet ja tähänastisten keilausten aluejaotus. (Maanmittauslaitos 2016h.)

2.1 Laservalo

Aluksi kerrotaan mitä tai mikä laser itse asiassa on. Laser on optinen valon vahvistinlaite. Toiminta perustuu Albert Einsteinin esittämän stimuloidun emission olemassa oloon, joka tekee valon vahvistamisen laserissa mahdolliseksi. Stimuloidussa emissiossa väliaineen säteilevät fotonit heijastuvat nähtäväksi lasersäteeksi. (Alanko 2013).

Laservalolla on neljä erityistä ominaisuutta verrattuna tavalliseen valoon. Laservalo on monokromaattista, koherenttia, yhdensuuntaista ja kirkasta (Alanko 2013). Näistä ominaisuuksista johtuen valonsäteen valoallot ovat yhdensuuntaisia ja värähtelevät sekä samansuuntaisesti että -taajuisesti (Alanko 2013).

Tärkeimpiä tyyppejä ovat muun muassa kaas- ja puolijohdelaserit sekä kiinteän olomuodon laserit. Muita lasertyyppejä ovat kemialliset- ja väriainelaserit sekä vapaaelektronilaser. Mainittujen lasereiden väliset toimintatavat ja käyttökohteet eroavat toisistaan. (Välilä 2012.)

2.2 Lasermittauslaitteistot

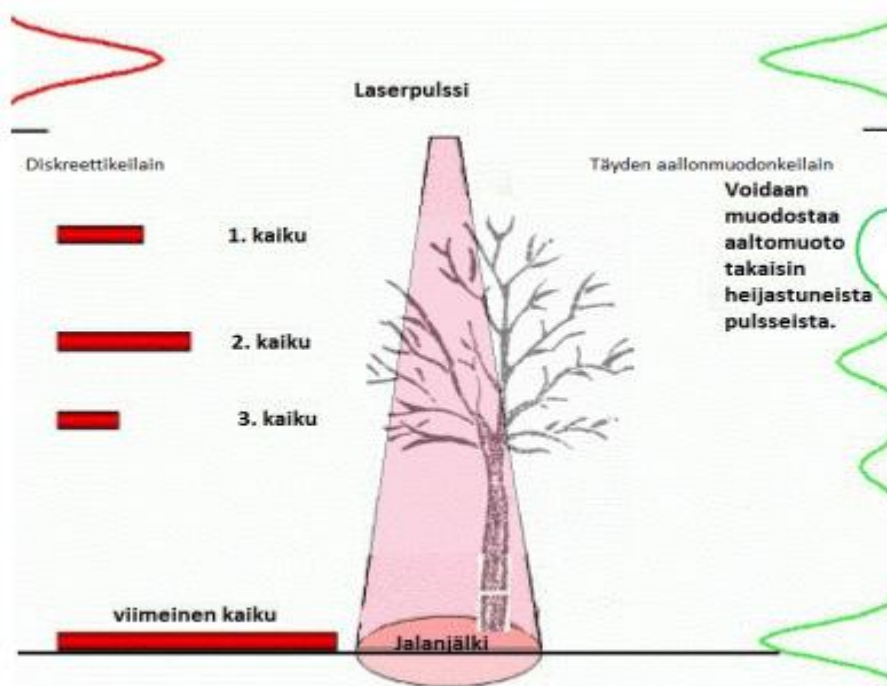
Eräs lasersädetä hyödyntävä sovellus on kaukokartoituksen mittauksiin käytetty Lidar, joka mittaa kohteen etäisyyttä lähettämällä sen kohden laservalopulssin ja mittaamalla kohteesta heijastuneen pulssin saapumiseen kuluva aika. Kun tiedetään laservalon kulkema aika, voidaan sen avulla laskea kohteen tarkka etäisyys lähtöpisteestä. Lasermittauslaitteiden kuten laserkeilaimen toimintaperiaatteena on se, että mittalaitteessa on nollapiste, josta lähetetään lasersäde haluttuun kohteeseen ja takaisin. Maalaserkeilaimessa kohteena voi olla seinä- tai kattopinta ja ilmalaserkeilauksessa se on maanpinta. Tämän jälkeen mittalaite lähettää uuden pulssin uuteen kohteeseen ja tätä toistetaan koko mittauksen ajan. Toistojen määrää sekunnissa kutsutaan pulssitiheydeksi. Riegl ilmoittaa laserkeilainten ominaisuuksista kertovilla verkkosivuillaan, että sen ALS-laitteiden eli lentolaserkeilaimien pulssitiheydet ovat 190 000–750 000 mittausta sekunnissa. Laitteistot mittaavat itsenäisesti koko ajan kulmia, millä tavoin lasersäde on kulloisenkin säteen mittaustapahtuman aikaan suunnattu. (Narinen 2014; Riegl Airborne Laser Scanners 2016; Vahur 2006.)

Laserkeilaimen rekisteröimästä lasersäteen kulkuajasta, jolloin lasersäde käy kohteessa kuten maanpinnassa ja palaa heijastuneena takaisin, voidaan laskea matka kohteeseen. Kun tiedetään lähtöpaikan koordinaatit ja lasersäteen lähtökulmat sekä lasersäteen kulkeman ajan avulla laskettu matka, voidaan jokaiseen mitattuun pisteeseen laskea koordinaatit. (Ahlqvist 2014; Vahur 2006.)

Koordinaattien lisäksi nykyään likimain kaikki laserkeilaimet tallentavat jokaiselle pisteelle lasersäteen paluusignaalin sen voimakkuuden eli intensiteettiarvon. Paluusignaalin voimakkuus riippuu kohteen etäisyyden lisäksi myös mitattavan kohteen pinnan ominaisuuksista sekä kohteen kaarevuudesta. Laserkeilain tallentaa mittauksen lopputuloksena ympäristöstään suuren joukon mittapisteitä. Tätä mittapisteiden muodostamaa pistejoukkoa kutsutaan pistepilveksi. (Vahur 2006.)

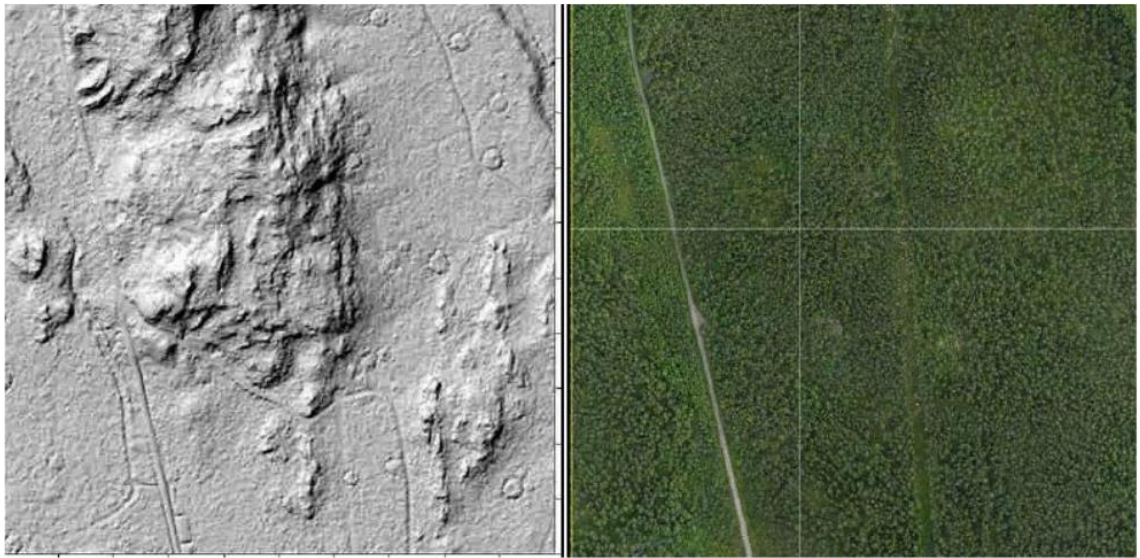
Aiemmin mainittuun valon kulkuaikaan perustuvat keilaimet ovat toiminnaltaan hitaampia, mutta mittaavat tarkasti pitempiäkin matkoja, ja niillä saadaan aikaan tiheitä pistepilviä. Vaihe-erokeilaimet ovat nopeita, mutta niiden mittausmatka jää selvästi lyhemmäksi, ja pistepilvien tiheyttä ei voida paljon säätää. Myös mitattavan pistepilven laatu ja varsinkin kohteiden reunoissa ei ole yhtä laadukas, verrattuna valon kulkuaikaan perustuviin laitteisiin. (Ahlqvist 2014; Vahur 2006.)

Pulssilaserkeilaimet voidaan edelleen jakaa joko diskreetteihin tai täyden aallonmuodon laitteisiin. Laserkeilauksessa mittaustulokseksi saadaan diskreettejä pisteitä, yksi tai useampi kutakin lähtevää pulssia kohden. Algoritmi jolla tietyn valmistajan laite määrittelee paluusignaalista heijastuneita pisteitä, on lähinnä sen laitevalmistajan tiedossa. Diskreeteissä laitteissa määritys on automaattinen eikä alkuperäiseen aineistoon voida palata jälkianalyysissä. Täyden aallonmuodon laserkeilaus ei taasen tallenna laserpulssista yksittäisiä kaikuja perinteiseen tapaan vaan ottaa palaavasta signaalista näytteitä lyhyin (1 nanosekuntin) välein, jolloin saadaan kohteen heijastusominaisuuksista sekä tarkempaa, että määrällisesti enemmän tietoa (Kuvio 1.). Näitä tietoja voidaan myöhemmin käyttää hyväksi pistepilven monipuolisempaan luokitteluun. (Narinen 2014; Nordic Geo Center 2016a.)



Kuvio 1. Pulssilaserkeilaimen kaksi eri toimintatapaa (Narinen 2014, 18)

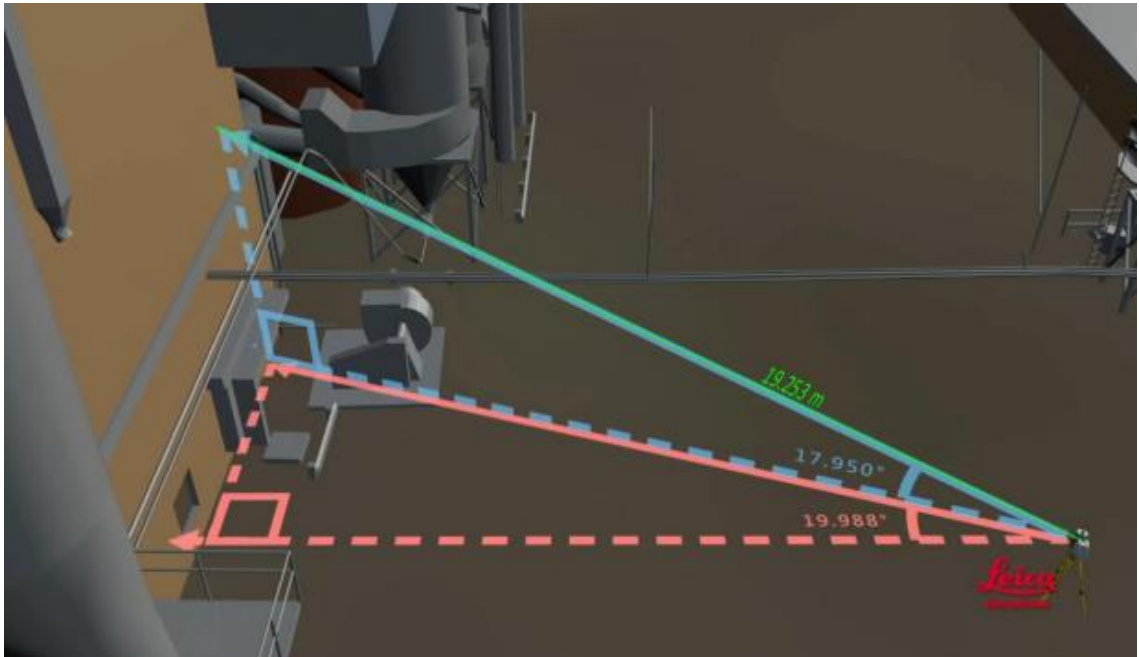
Nykyaikaiset laserkeilauslaitteistot ovat varsin tehokkaita ja tavoittavat esimerkiksi ilmalaserkeilauksessa maanpinnan suhteellisen hyvin jopa erittäin puustoisillakin alueilla, kuten kuviosta 2 voidaan havaita. Uusimmat ja nykyaikaisimmat ALS-laitteet, kuten esimerkiksi Riegl VG-880-G, kykenevät keilaamaan samanaikaisesti jopa vedenpinnan alaiset alueet, käyttäen siihen vihreän valon alueella toimivaa lasersädettä ((Lysell 2012; Riegl laser measurement systems 2016).



Kuvio 2. Ilmalaserkeilain ja puusto (Lysell 2012, 35)

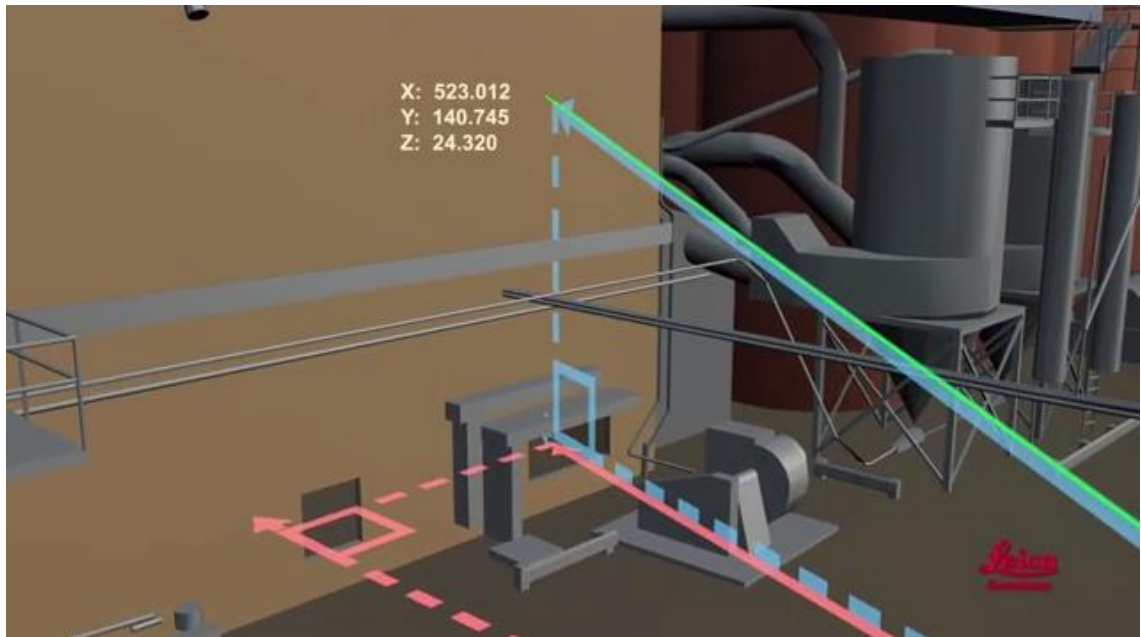
2.3 Maalaserkeilaimet lyhyesti

Maalaserkeilaimella tehdään mittauksia maanpinnan tasossa ja koskematta mittattavaan kohteeseen. Sillä voidaan mitata helposti ja kaukaakin paikkoja, joihin ei esimerkiksi muutoin päästä käsiksi tai mittaaminen olisi vaarallista. Kuviossa 3 nähdään maalaserkeilaimen toimintaperiaate. (Pikkupirtti 2013.)



Kuvio 3. Maalaserkeilaimen mittauksen periaatekuva (Leica Geosystems 2012)

Seuraavasta kuviosta 4 nähdään maalaserkeilaimella tehdyn laserkeilausmittauksen aikana tapahtuneen yksittäisen pisteen määritetyt koordinaatit eli luvut X,Y ja korkeus Z (kuvio 4). Kuvassa näkyvän kulman taakse laserkeilain ei pysty mittaamaan vaan sitä täytyy siirtää ja tehdä uusi kuvaus. Myöhemmin mitatut erilliset pistepilvet voidaan yhdistää aineiston jatkoprosessoinnissa. (Leica Geosystems 2012.)



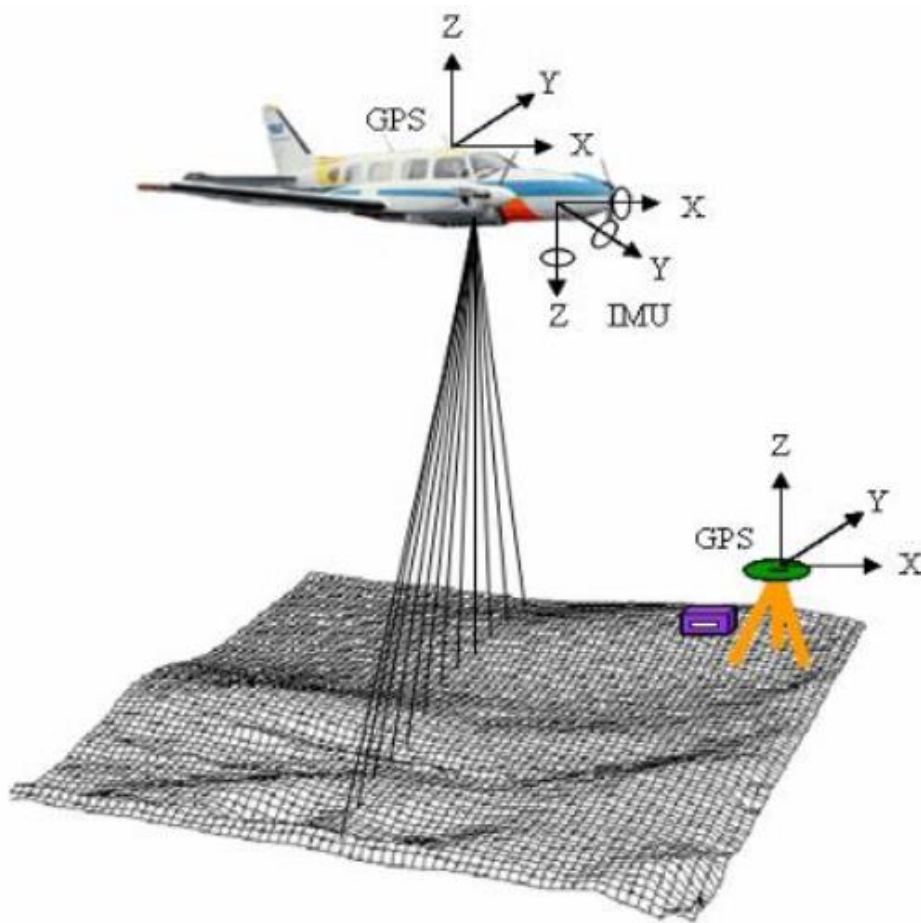
Kuvio 4. Laserkeilaimen yksittäisen säteen mittaustapahtuma (Leica Geosystems 2012)

Maalaserkeilaimet mittaavat ympäristöään alueelta yleensä kupolimaaisesti, jolloin ne pyörähtävät täyden ympyrän eli 360 asteen vaakatasossa. Pystytasossa mittausalue on tyypillisesti noin 250 – 300 astetta eli alapuolelle tai jossain tapauksissa yläpuolellekin jää jonkinlainen katvealue. Eräs esimerkkikoje maalaserkeilaimesta on Topcon GLS-2000. (Nordic Geo Center 2016c.)

2.4 Ilmalaserkeilaaminen

Laserkeilauksella on tarkoituksena tuottaa mahdollisimman tarkkaa 3D-tietomateriaalia mittauksen kohteesta, käyttäen hyväksi edellä kuvattuja lasersädetä hyödyntäviä laitteistoja kohteeseen koskematta. Ilmalaserkeilauksen laserpulssi tuotetaan yleensä kiinteän olomuodon laserin tai puolijohdelaserin avulla. Ilma- tai lentolaserkeilaus eli lyhennettynä ALS voidaan suorittaa lentokoneella, helikopterilla tai nykyisin jopa UAV-välineistöillä. Suuren mittaluokan kuvaukset kuten Maanmittauslaitoksen laserkeilaukset suoritetaan kustannustehokkaasti lentokoneella, joka on varustettu kuvaukseen soveltuvalla keilauslaitteistolla. (Ahlqvist 2014; Maanmittauslaitos 2016a; Nordic Geo Center 2012.)

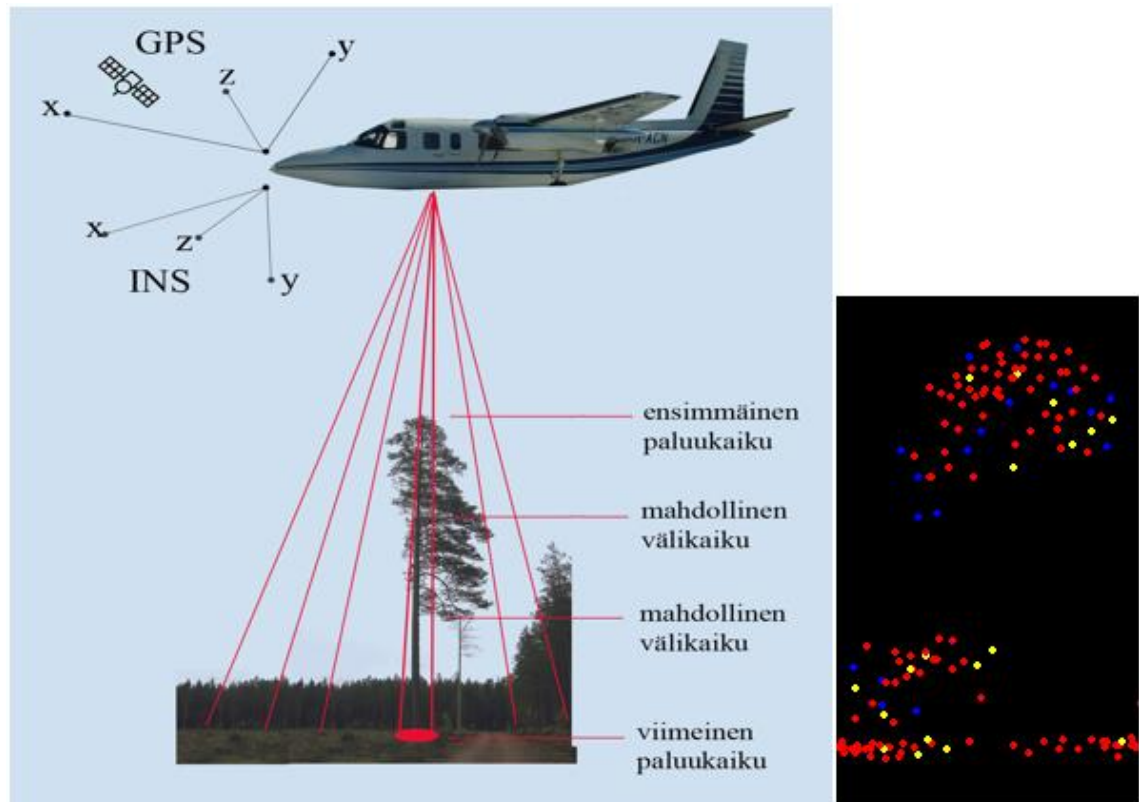
Kuvaukset tehdään lentämällä noin kahden kilometrin korkeudessa, josta laserkeilainlaitteisto lähettää pulsseja kohti maata ja ottaa vastaan heijastuneet paluusignaalit tallentaen ne. Laitteistossa on sekä GPS-paikannuslaite että kallistuskulmia havainnoiva inertialaitteisto ja signaalien kulkemaa aikaa mittaava yksikkö (Kuvio 5.). Näiden avulla saadaan tarkka paikkatieto kullekin pistepilveen tallennetulle paluukaiun pisteelle. (Kareinen 2015a; Maanmittauslaitos 2016a.)



Kuvio 5. Lentolaserkeilauksen periaate (Lysell 2012, 16)

Yhtä lähetettyä pulssia kohden voidaan saada rekisteröityä jopa viisi eri paluukaikua (kuvio 6). Sensori tallentaa kunkin pulssin aiheuttamat paluukaiut ja jälkilaskennassa niille saadaan kolmiulotteiset koordinaatit. X- ja Y-koordinaatit ker-

toivat pisteen sijainnin valitussa koordinaattijärjestelmässä ja Z-koordinaatti korkeustiedon valitussa korkeusjärjestelmässä. (Kareinen 2015b; Maanmittauslaitos 2016a.)



Kuvio 6. Ilmalaserkeilauksen kaikujen pisteheijastuksia ja kerättyä pistepilveä (Kareinen 2015b, 3)

Ilmalaserkeilausmittauksen suuri etu verrattuna pelkästään ilmakehuvausmittauksiin on se, että kasvillisuuden rakenteen mittaaminen tapahtuu samanaikaisesti maanpinnan mittaamisen kanssa. Ilmakuvamittauksella ei voida mitata tai nähdä kasvillisuuden peittämää maanpintaa, koska se jää kasvillisuuden alle ja siten peittoon. Ilmalaserkeilaus voidaan tehdä myös pimeällä toisinkin ilmakehuvaus, joka vaatii valoisat olosuhteet. Samoin päivällä mitattaessa varjot eivät vaikuta mittaustulokseen. (Ahlqvist 2014; Kareinen 2015; Nordic Geo Center 2016b.)

Janne Järvenpään (Järvenpää J. 2014, s. 8.) mukaan ilmalaserkeilauksen mitaustarkkuuteen vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät.

- satelliittipaikannuksen tarkkuus

- IMU-järjestelmän tarkkuus (kulkuvälineen kallistus, kierto ja nopeus)
- sää, tuuli, näkyvyys
- mitattavien kohteiden heijastuskyky
- laserpulssin jalanjäljen koko eli miltä alalta pulssi heijastuu takaisin
- keilauskulma (vaikuttaa jalanjäljen muotoon maassa ja muodostuviin katve-alueisiin)
- käytetty laserkeilain

2.5 Laserkeilausaineiston keräysluokittelut

Laserkeilauslennot järjestetään lumettomaan aikaan. Lentojen luokittelu tapahtuu niin sanotuilla aikaikkunatunnuksilla, joita on käytössä kolme. Ensimmäiset eli A-luokan lennot tehdään varhaiskevään aikana, jolloin maanpinnalle ei ole vielä noussut häiritsevää kasvustoa sekä puusto on lehdetöntä. A-luokan aineisto soveltuu kaikenlaiseen käyttöön. Seuraavan eli B-luokituksen lennot järjestetään loppukevään tai alkukesän aikana, ja sitä käytetään korkeusmallien tuottamiseen, mutta aineistoa ei voida hyödyntää metsien inventoinnissa. C-aikaikkunassa eli kesällä suoritetuissa laserkeilauksissa tuotettua aineistoa hyödynnetään ja käytetään mm. metsien inventointiin sekä kartoitustöihin. Korkeusmallien päivittäminen ja Korkeusmalli 2:n laadun parantaminen ovat myös kesäkeilausten hyödyntämiskohteita. (Ilves 2015; Maanmittauslaitos 2016e; Maanmittauslaitos 2016h.)

2.6 Aineiston käsittelyvaiheet

Laserkeilauslaitteistolla keilattu ja kerätty pistepilvi eli kunkin tuotantoalueen raakadata käsitellään ensin automaattisen prosessoinnin avulla. Siinä kerätyt pisteet, jotka ovat prosessin alussa kaikki luokittelemattomassa luokassa, jaotellaan neljään eri luokkaan. Automaattinen käsittelyalgoritmi jaottelee aineistosta pisteet luokkiin joita ovat maanpinta, (matala) kasvillisuus, peittoalueet (vuodesta 2010 lähtien) sekä edellä mainittuihin luokkiin luokittelemattomaksi jääneet pisteet. Jaottelemattomiksi tässä interpolointi käsittelyssä jäävät mm. pisteet, jotka ovat

osuneet rakennuksiin sekä korkeat kivet tai jyrkänteiden pisteet. (Annunen 2015a; Maanmittauslaitos 2016c; Vilhomaa & Laaksonen 2011.)

Tämän jälkeen yleensä loppusyksystä tai alkutalvesta aineisto käydään läpi vielä manuaalisesti jolloin Maanmittauslaitoksen henkilöstö käy läpi pisteet. Tässä käsittelyvaiheessa aineistosta tehdään stereomallivasteisesti tarkastettu maanpintaluokiteltu pistepilvi. Tällöin vesistöt luokitellaan, erottaen ne omiksi luokitelluiksi pisteiksi maanpintapisteistä. Tämä tapahtuu siten, että kuvaan istutetaan päälle vesistöjen rantaviivat ja maskauksen avulla muunnetaan kaikki rantaviivojen sisällä olevat pisteet vesistöpisteiksi. Maastotietokannan mukaiset isommat virtavedet käsitellään siten, että niihin rajoittuvat pisteet muutetaan maanpinta luokasta virtavesien luokkaan. Pieniä jokia sekä muita pienvesistöjä tai uomia ei nykyisin enää muuteta virtavesi -luokkaan, vaan ne saavat jäädä maanpintapisteiksi (Annunen 2015b; Maanmittauslaitos 2016c.)

Käsittelyn yhteydessä maskaaminen tarkoittaa sitä, että henkilö hakee rajatun vesialueen pistepilvijoukosta edustavan pisteen. Tällöin huomioidaan myös viereisten kuvausalueiden peittoalueluokan pisteet, tai niistä jo valittu vesistön pistekorkeus siten, että koko vesistö lopulta maskataan yhdellä tietyllä pisteellä. Näin menetellen koko vesistö näkyy laserkeilausaineistosta luodussa pinta-mallissa tasaisena pintana, eikä sisällä mitään aaltomuotoja tai peittoalueiden reunoista johtuvia kynnyksiä keskellä vesistöä. Näin saattaa tapahtua, mikäli ison vesistön kuvaus on tehty kahdessa eri vaiheessa, ja maskaukseen käytettyä pistettä ja korkeutta ei ole valittu samoin. Eri aikaan tai jopa eri vuosina tehdyt keilaukset eivät anna samoja tuloksia, koska vedenpinta vaihtelee jatkuvasti. (Annunen 2015b; Maanmittauslaitos 2016c.)

Samalla tavoin erilaiset puukasat ja muut epämääräiset asiat poistetaan maapisteteistä ja sillat luokitellaan omiksi pisteiksi maa- ja vesipisteistä. Kokonaisuudessa kaikki erilaiset häiriöt jotka eivät vastaa oikeaa maanpintaa poistetaan, siirtäen pisteet luokittelemattomien pisteiden luokkaan, mikäli automaattikäsittely ei ole niitä jo siirtänyt. Kuten jo todettiin, niin tässä vaiheessa jokien yli menevät sillat

käsitellään myös manuaalisesti, muuttaen sillat pistepilviaineistossa omaan luokkaansa. Samoin mikäli automaattikäsitely on valinnut maanpinnan väärin ja pisteiden alta löytyykin satunnaisia luokittelemattomia hajapisteitä, niin voidaan olettaa, että todellinen maanpinta onkin alempana jolloin se pitää siirtää vastaamaan oikeaa tasoa. Näin voi käydä, mikäli maan päällä on paljon kasvillisuutta ja vain harvat pisteet aiheuttavat lopullisen kaiun todellisesta oikeasta maanpinnasta. Toisaalta pisteet saattavat olla mittauksen karkeita virhepisteitä, jolloin ne poistetaan siirtämällä ne luokittelemattomien luokkaan takaisin. (Annunen 2015b; Vilhomaa & Laaksonen 2011.)

Laserkeilausaineiston pistepilvessä esiintyvät isot aukot paikataan lisäämällä manuaalisen tarkistuksen yhteydessä maanpinta, sekä vaka- tai virtavesi luokan pisteitä, jotta Korkeusmalli 2:n laskenta olisi mahdollista tehdä. Nämä lisäpisteet kuitenkin tallennetaan karttalehdittäin eri tiedostoihin kuin varsinaiset mitatut laserkeilauspisteet. (Annunen 2015b.)

2.7 Aineiston käsittely ja tarkastelu

Pisteiden manuaalisessa luokittelussa käytetään apuna ilmakehän kuva-aineistoa, eli henkilöllä on avoinna sekä pistepilviaineisto, että vastaavan alueen ilmakehän kuva. Työskentelyssään operaattori vertaa alueen ilmakehän kuvaa ja pistepilviaineistosta luotua mallia keskenään, etsien sieltä eroja ja virheitä pistepilviaineistosta, jotta pisteet voidaan luokitella paremmin. (Annunen 2015b.)

Pistepilven manuaalinen käsittelytyö tapahtuu EspaCity-ohjelmistoa apuna käyttäen, EspaEngine-ohjelman näyttäessä käsittelyn lopputulosta. EspaEngine-ohjelmalla käsiteltyä aineistoa katseltaessa korkeuserot näytetään eri värikoodein siten, että sinertävällä sävyllä esitetään matalat kohdat ja punaisella korkeat seudut. Mitä punaisempi värin sävy on sen korkeampi kohta, ja vihreällä tältä väliltä. (Annunen 2015b.)

Jokaiseen näkymään haetaan korkein kohta, joka kuvataan punaisella, sekä matalin kohta, joka kuvataan sinisellä ja ohjelmisto skaalaa kuvassa olevat korkeudet värisävyin tasaisesti. Vaikka korkeuseroa olisi vain esim. 30 senttimetriä, niin skaalauksen jälkeen lähellä alinta korkeutta olevat pisteet ja pinnat kuvataan sinisen sävyin ja vastaavasti korkeinta pistettä lähinnä olevat alueet punaisella. Näytettävä alue on karttalehti jaotuksen mukainen ja värit skaalautuvat kullekin itsenäisesti, jolloin kullakin karttalehdellä oleva korkein alue korostuu kuvasta selkeästi loistaen aivan punaisena ja matalimmat alueet sinertävänä. Näin erilaiset maaston korkeuserot on helppo havaita. Kuopat, erilaiset kaivannot sekä ojat näkyvät hyvin selkeästi sinisen sävyin. (Annunen 2015b.)

2.8 Aineiston ominaisuudet ja tarkkuus

Yleisesti ottaen laserkeilauksella on helposti ja nopeasti mahdollista saada kustannustehokasta korkeustietoa hyvinkin vaihtelevilta alueilta, kuten metsistä ja varjoisilta paikoilta. Metsäisilläkin alueilla osa pisteistä tunkeutuu oksiston läpi ja saavuttaa maanpinnan aiheuttaen paluukaiun ja pulssin rekisteröinnin. Laitteistoilla voidaan kuvata vaikka yöllä, mikäli olosuhteet ovat silloin otollisimmat laserkeilauksen tekemiseen. Laserkeilausaineiston pistetiheys on vähintään puoli pistettä neliömetrille, joten aineiston pisteväli on noin 1,4 metriä. Mitattujen pisteiden tasotarkkuus on 0,6 metriä (RMSE), maksimivirheen ollessa tasosijainnissa metrin luokkaa. Maanmittauslaitoksen mittauksissa laserkeilaimen kahden kilometrin lentokorkeudesta lähettämän pulssin koko maanpinnalla on noin 50 senttimetriä. (Ilves 2015; Kareinen 2015a; Vilhomaa & Laaksonen 2011.)

Laserkeilauksella on mahdollista päästä 15 senttimetrin suuruiseen korkeus-tarkkuuteen kovilla ja yksiselitteisillä pinnoilla noin kahden kilometrin korkeudelta tehdyssä ilmalaserkeilauksessa. Yksiselitteisillä pinnoilla tarkoitetaan sellaisia pintoja, joiden päällä voi olla puustoa, mutta pinta itsessään on rakenteellisesti selkeä. (Ilves 2015; Försti 2013.)

Laserkeilausaineistosta tuotetun Korkeusmalli 2:n korkeustarkkuus laatuluokassa 1 on keskimäärin (RMSE) 0,3 metriä ja laatuluokassa 2 tarkkuus vaihtelee

0,3 ja yhden metrin välillä. Suurimmat heikennykset korkeustarkkuuteen aiheuttaa runsas pintakasvillisuus, joka on ongelma varsinkin kesällä eli kasvukauden aikana suoritetuissa keilauksissa. (Ilves 2015; Maanmittauslaitos 2016e.)

2.9 Aineiston hakeminen ja käyttäminen sekä havaintoja käsittelystä

Laserkeilausaineistot eli laserkeilauksessa syntynyt pistepilviaineisto ja käsittelyn tuloksena syntynyt KM2-tuote ovat julkisesti saatavilla eli ilmaiseksi ladattavissa Maanmittauslaitoksen ylläpitämästä latauspalvelusta. Kunakin vuonna suunnitelman mukaisella tuotantoalueella tehtävien laserkeilausten aineisto tulee saataville eli kaikkien vapaasti ladattavaksi, kun aineistolle on tehty laaduntarkastus ja siitä on luotu KM2-aineisto. (Maanmittauslaitos 2016g.)

Opinnäytetyön aikana tein kokeenomaisen projektin. Liitteenä on nähtävillä esimerkki karttakuvasta, jossa täysin ilman aiempaa kokemusta olevana latsin ensin pistepilviaineiston Maanmittauslaitoksen latauspalvelusta. Sitten vapaasti Internetistä saatavilla olevia tai Open Source -lisenssin omaavia ohjelmia hyväksikäyttäen olen luonut korkeuskäyrästökartan 0,2 metrin jaotuksella haluamalleni alueelle (liite 3.).

Mielestäni jokaisen toimitusinsinöörin ja toimituksiin osallistuvan kartoittajan tulisi tutustua vähintään Maanmittauslaitoksen JAKOkii-tuotantojärjestelmästä löytyvään laserkeilausvarjostus tausta-aineistoon. Jopa laserkeilausaineiston käsittelyn perustasoiset perusteet olisi ehkä hyvä tuntea ja siten ymmärtää miten laserkeilausaineistoa tuotetaan. Toimitusinsinöörit voisivat tutustua aineistoon vaikka jonkun tekemänsä toimituksen yhteydessä.

Sekin olisi hyvä tietää miten selkeästi pienetkin korkeuserot Espa Engine -ohjelman käsittelynäkymästä voidaan havaita, joka havainnollistaa erinomaisesti aineiston tarkkuutta. Näin esimerkiksi vanhoihin joko luonnontilaisiin tai kaivettuihin ojiin perustuvat taikka niihin rajoittuvat rajat sekä muut vastaavat kohteet on helppompi erottaa.

3 LASERKEILAUSAINEISTON JATKOJALOSTUS

Laserkeilausaineisto ei välttämättä suoraan anna vastauksia vaan sitä on jalostettava ja käsiteltävä, jotta haluttuihin kysymyksiin ja ongelmiin saadaan vastauksia sekä ratkaisuja. Seuraavissa kappaleissa selvitetään mitä nämä voisivat olla.

Laserkeilauksella syntyneen pistepilven pisteluokittelun ansiosta aineistoa voidaan suodattaa hyvinkin erilaisin tavoin. Korkeusmalli on tästä hyvä esimerkki, jolloin pistepilvestä suodatetaan kaikki muut kuin maanpintapisteet pois ja jäljelle jäävistä pisteistä voidaan interpoloinnin algoritmein luoda korkeusmalleja. Maanmittauslaitos käyttää luokittelussaan maanpinnan automaattista luokittelua, jonka jälkeen manuaalisesti luokitellaan vesistöt ja sillat, sekä korjataan maanpintapistetä, mikäli siinä havaitaan virheitä. Uusien nykyaikaisten laserkeilainten mahdollistamaa intensiteetin mukaista luokittelua ei vielä käytetä ollenkaan. Se kuitenkin luultavasti mahdollistaisi kehittyneempiä tapoja ja menetelmiä erilaisten analysointien tekemiseen. (Annunen 2015a; Vilhomaa, Laaksonen 2011.)

3.1 Jatkojalostuksen tuotteita

Laserkeilauksen tuloksena saadusta pistepilvestä Maanmittauslaitoksessa tehdään jatkojalostustuotteena Suomesta uutta kahden metrin ruutukoon korkeusmallia eli KM2:a. Luokiteltua pistepilveä ja korkeusmallia voidaan hyödyntää monissa eri sovellutuksissa jo nykyään. (Annunen 2015a; Maanmittauslaitos 2016b.)

Eräs jo olemassa oleva sovellutus on SYKE:n internetissä tarjoama tulvakartoituspalvelu, josta on vapaasti saatavilla ja nähtävillä yksityiskohtaisia tulvavaarakarttoja. Palvelu avautuu internet selaimen, josta nähdään mm. pahimmat tulvavaara alueet kartalle sijoitettuna siten, että mahdollisen tulvan laajuus sekä todennäköinen vaara-aste ovat siitä helposti nähtävissä. ”Tulvariskiasetuksen (659/2010) mukaan tulvavaarakartat laaditaan tulville, joiden vuotuinen todennäköisyys on kaksi prosenttia” (Suomen ympäristökeskus 2016). Palvelun taustalla

on aineistojen pohjalta tehty tulvamallinnus. Muita tarvittavia aineistoja ovat esimerkiksi jokikohteista tehtyt virtaus- ja vedenkorkeusmallit. Tulvamallinnuksen tekemistä varten tarvitaan vedenkorkeustietojen lisäksi myös maanpinnan korkeusmalli tarkasteltavalta alueelta. Yksityiskohtaisissa tulvavaarakartoissa käytetään maanpinnan korkeusmallina Maanmittauslaitoksen laserkeilauksella tuottamaa tarkkaa korkeusmallia. Korkeusmalli kuvaa alueen topografian ja sen tarkkuus vaikuttaa oleellisesti tulvavaarakartoituksen tarkkuuteen. Laserkeilauksella ja myös fotogrammetrian avulla ilmakuvista voidaan tuottaa tarkka korkeusmalli. Yksityiskohtaiset tulvavaarakartat mahdollistavat yleispiirteisistä tulvavaarakartoista poiketen myös rakennuskohtaisen tarkastelun, jolloin taustakarttana voidaan käyttää myös esimerkiksi peruskarttaa. (Suomen ympäristökeskus 2016.)

3.2 Mallinnukset ja sovellutukset

Seuraavaksi kerron Versatile –hankkeesta, johon tutustuin opinnäytetyötä tehdessäni. Kuten jo todettiin, niin korkeusmallit lienevät käytetyin pistepilvestä tehty mallinnus. Niiden käyttö, yhdessä muiden erilaisten mallien ja tietoaaineistojen lisäksi, antaa mahdollisuuden mitä erilaisimpiin, mielestäni jopa käytännön elämääkin koskettavien analyysien tekemiseen. Korkeusmalleista tai pistepilvestä voidaan myös suoraan luoda vaikkapa korkeuskäyrästä, jopa pelkästään esimerkiksi ilmaisohjelmia käyttäen, joista voidaan visuaalisesti hahmottaa esimerkiksi vesien virtaamien suuntia.

Versatile –nimen omaava hanke oli käynnissä 2012-2014. Siinä käytettiin laserkeilausaineistoa kokeenomaisesti virtavesien automaattiseen kartoitukseen. Hankkeessa tutkittiin myös mahdollisuutta tunnistaa maasto- ja metsäkuvioiden reunoja automaattisesti ja tarkemmin käyttäen pintamallin (DSM) ja korkeusmallin (DEM) erotusta. Hankkeen kolmantena tavoitteena ollut jyrkänneviivojen automaattinen tunnistus saatiin toteutettua. Tulosten perusteella tunnistusmenetelmää voidaan hyödyntää maastotietotuotannossa määrittelemällä tuotantoon optimaaliset parametrit. (Oksanen 2014.)

Yhä edelleen myös laserkeilausaineistosta johdettua korkeusmallia voidaan jalostaa eteenpäin. Tästä yksi erinomainen sovellutus on vinovalovarjosterasteri, joka on maaston korkeusvaihteluja visualisoiva rasteriaineisto. Niistä esimerkiksi tarkin eli kahden metrin pikselikoon vinovalovarjosterasteri, on laskettu Korkeusmalli 2 -aineiston pohjalta, mutta se ei tosin kata vielä koko maata. (Maanmittauslaitos 2016c; Maanmittauslaitos 2016d.)

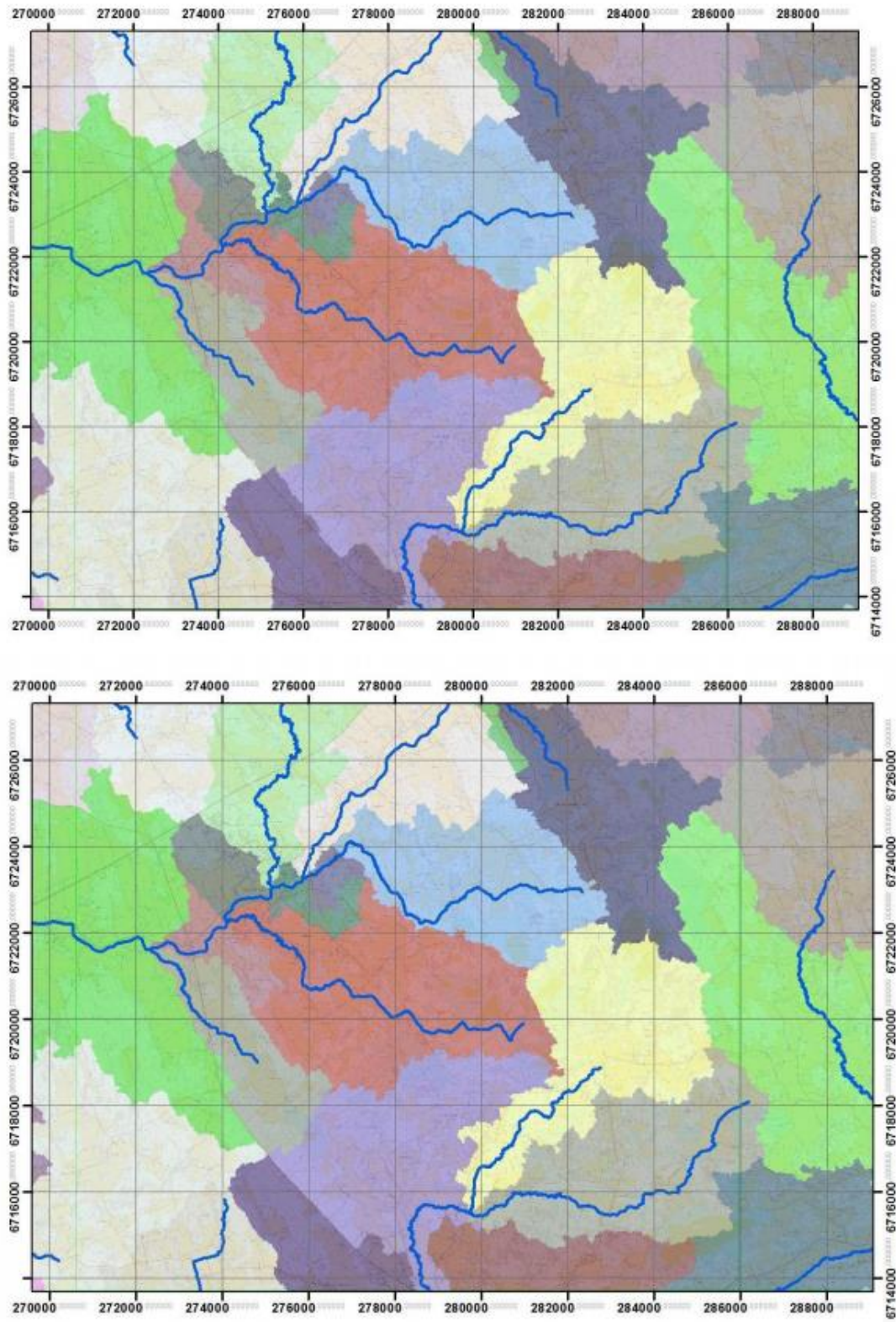
3.3 Analyysit

Versatile -hankkeessa käytettiin virtavesien automaattiseen etsimiseen laserkeilausaineistoon pohjautuvaa uoma-aineistoa ilman, että analyysin laskennassa olisi käytetty apuna maastotietokannan hydrografisia kohteita. Jotta uomia voitaisiin laserkeilauspohjaisesta korkeusmallista löytää, joudutaan malli ”pakottaamaan” hydrologiselle analyysille sopivaksi poistamalla pintaveden ulosvirtauksen estävät painanteet. Poiketen valuma-alueanalyyysissä tyypillisesti käytettävästä painanteiden täyttöalgoritmista, uomien tapauksessa joudutaan käyttämään maaston kynnysten kaiverrusmenetelmää. (Oksanen 2014.)

Laserkeilausaineistosta johdettua korkeusmallia voidaan käyttää erilaisissa pinta-aloihin riippuvissa analyyseissa. Geodeettisen laitoksen tekemässä Valtaoja -projektissa laskettiin valuma-alue-rajauksia samalta alueelta käyttäen kahta eri resoluutioista korkeusmallia ja pinta-aloja verrattiin toisiinsa. (Pyysalo, Oksanen 2015.)

Tämän hankkeen eräs tavoite oli arvioida korkeusmallin resoluution vaikutusta valuma-alueen pinta-alamääritykseen. Alla olevassa kuviossa 7 nähdään pieniä eroavaisuuksia kun analyysin laskennan pohjana olevaa korkeusmallia vaihdetaan, tässä tapauksessa 10 metrin ruutukoosta laserkeilauksen avulla tuotettuun 2 metrin ruutukoon korkeusmalliin. Kuviossa on nähtävillä selkeitä eroavaisuuksia vedenjakajien sijainnissa johtuen esimerkiksi valtaojista, jotka tulevat esiin laserkeilausaineistosta erittäin selkeästi, mutta toisaalta myös paljon yhtäläisyyksiä. Kuitenkin tuloksien perusteella korkeusmallin resoluution vaikutus valuma-

alueiden pinta-alaan oli vähäinen. Samoja niin sanottuja purkupisteitä käytettäessä vedenjakajien sijainnissa tapahtui paikallisia muutoksia vain vähän. (Pyy-salo, Oksanen 2015.)



Kuvio 7 Ylhäällä KM10 korkeusmallille ja alla KM2-korkeusmallille lasketut valuma-alue-rajaukset (Pyysalo, Oksanen 2015.)

3.4 Käytettävät ohjelmat

Maanmittauslaitoksen omien laserkeilausten pistepilvet muodostetaan Leican ohjelmilla. Aineiston tarkistukseen käytetään LAStools -ohjelmaa. Pisteiden luokittelussa käytetään jo aiemmin mainittua Espa -ohjelmistoa. (Annunen 2015b; Ilves 2016b.)

Maanmittauslaitos käyttää laserkeilausaineistojen käsittelyssä myös Terrasolidin, joka kehittää ohjelmistoja muun muassa laserkeilausaineistojen ja pistepilvien käsittelyyn, kehittämiä ohjelmistoja. LAStools -ohjelmaa voidaan käyttää myös visualisointikuvien laskemiseen. (Ilves 2016b.)

4 HYÖDYNTÄMINEN TOIMITUSTUOTANNOSSA

Tämän opinnäytetyön keskeisin tavoite oli levittää tietoutta laserkeilausaineistosta sekä koittaa löytää aineiston hyödyntämismahdollisuuksia toimitustuotannon tarpeisiin. Tässä kappaleessa kerrotaan miten laserkeilausaineisto otetaan käyttöön sekä miten sitä on jo hyödynnetty tai mitä käyttömahdollisuuksia sillä kenties voisi olla. Opinnäytetyössä tehtyjen selvitysten mukaan Maanmittauslaitoksella laserkeilausvarjostus aineiston käyttö on viime vuosien aikana hiljalleen kasvanut aineiston saatavuuden parantuessa ja tietoisuuden sen olemassa olosta levitessä.

4.1 Hyödyntämisen nykytilanne toimitustuotannossa

Toimitustuotanto on keskeisin osa Maanmittauslaitoksen toimintaa. Se jakautuu yksiköittäin perustoimituksiin (PETO), arviointitoimituksiin (ARTO) ja tilusjärjestelyihin (TJ). Toimitustuotannon yksiköt suorittavat kaikki kiinteistöihin liittyvät erilaiset toimitukset. Toimituksia hakevat joko kiinteistöjen omistajat, tai ne voivat tulla vireille myös automaattisesti, kuten kiinteistökaupan kohteena olleen määraalan lohkominen. Toimitukset on tallennettu JAKOkii -järjestelmään omille toimitusnumeroille. (Korhonen 2016a.)

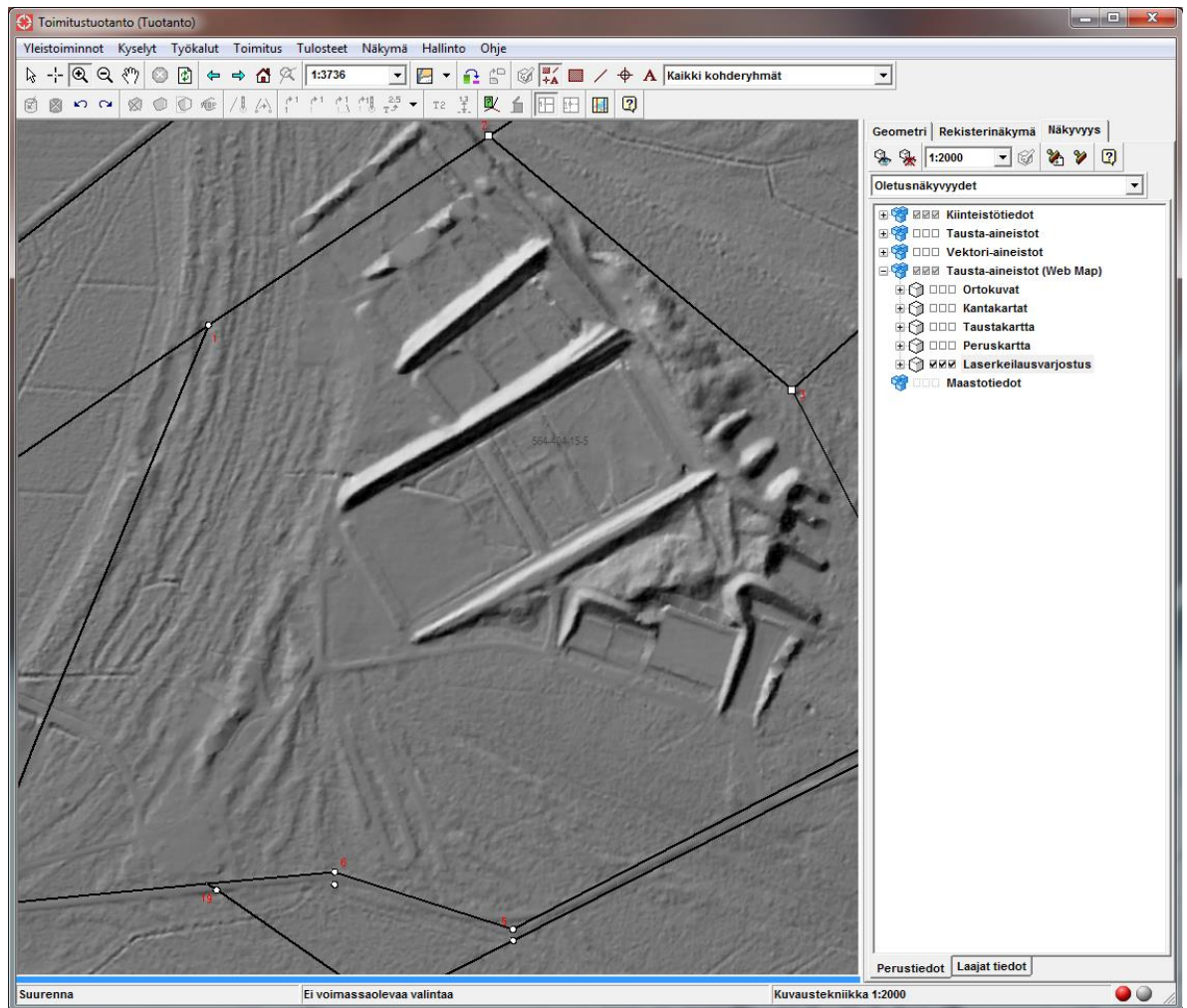
Perustoimitusyksikkö suorittaa lohkomis- ja yksityistietoimituksia sekä rajankäyntejä. Arviointitoimitusyksikkö suorittaa mm. yleistie- ja rautatietoimituksia sekä halkomiset ja lunastustoimitukset. TJ-prosessin toimituksiin kuuluvat erilaiset tilusjärjestelyt sekä hankeuusjaot. TJ-prosessi suorittaa myös yhteismetsätoimituksia, alueellisia tietoimituksia sekä vesialueiden yhdistämisiä. (Tarkastusvirasto 2005; Korhonen 2016b.)

Varsinaisen toimitustuotannon ulkopuolelta, mutta toimintansa kautta toimitustuotantoa tukeva RETI-prosessi (säädöspäerusteisten rekisterien ylläpito-prosessi) hyödyntää myös laserkeilausaineistoa laajalti. RETI -prosessi tekee rekistereiden perusparannusta. (Ilves 2016a; Korhonen 2016b.)

Seuraavissa kappaleissa selvitetään muun muassa se miten laserkeilausaineisto saadaan näkyviin Maanmittauslaitoksen JAKOkii -järjestelmään. Samoin esitellään löydettyjä laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuuksia.

4.1.1 Aineiston käyttöönotto JAKOkii -järjestelmässä

Maanmittauslaitoksella yleisesti käytössä olevasta JAKOkii -tietojärjestelmästä voidaan aktivoida päälle Laserkeilausvarjostus -nimellä löytyvä tausta-aineisto. Aineisto löytyy JAKOkii -ohjelman päänäkymän oikealla puolella olevasta valikosta. Ensin valitaan Näkyvyys -välilehti, josta alaspäin selaamalla löytyvästä Tausta -aineistot kohdasta aktivoidaan Laserkeilausvarjostus kohta. Sen jälkeen päivitetään JAKOkii näkymä esimerkiksi painamalla F5 – näppäintä, jolloin näkymä muuttuu näyttämään laserkeilausvarjostusaineistoa. Kuviossa 8 on kuva-kaappauksella otettu näkymä JAKOkii -ohjelmasta yllä olevan toiminnan jälkeen, jolloin taustalla näkyy aktivoitu laserkeilausvarjostusaineisto ja sen päällä näkyvät mustalla kiinteistörajat.



Kuvio 8. Esimerkki laserkeilausvarjostuksesta tausta-aineistona

4.1.2 Eri maankäyttölajien välisten rajojen määrittäminen

Maat jaotellaan käyttötarpeiden ja tapojen sekä arvojen mukaan eri maankäyttölajeihin. Näitä ovat muun muassa tiealueet, pellot ja metsät. (Korhonen 2016b.)

Tilusjärjestelyihin liittyy eritoten eri maankäyttölajien käsittelyä. Tilusjärjestelyillä parannetaan tilussijoitusta tiluksia vaihtamalla ja edistetään kiinteistöjen käyttöä. Tilusjärjestelyä on perinteisesti tehty alueilla, joiden kiinteistörakenne on pirstoutunut tai kiinteistöjen muoto on epätarkoituksenmukainen, kuten pitkät ja hyvin kapeat metsätilat joiden hoito on hankalaa. Tilusjärjestelyillä pyritään optimaaliseen tilusrakenteeseen vaikuttamalla peltolohkojen kokoon, lukumäärään, muotoon ja sijaintiin talouskeskukseen nähden. (Maanmittauslaitos 2016f.)

Tilusjärjestelyissä laserkeilausaineistoa voidaan käyttää apuna erottamaan arvokohteita toisistaan. Aineistoa voidaan käyttää metsän ja pellon välisen arvokohderajan hakemiseen, varsinkin puiden varjostamalla alueella sekä myöskin tonttien ja peltoalueiden väliset arvokohderajat. (Korhonen V. 2016a). Samoin esimerkiksi peltojen läpi kulkeva tie erotetaan omaan maankäyttölajiinsa eli tiealueeseen. Täten erilaiset niin sanotut arvokohteet voidaan määrittää entistä tarkemmin ja helpommin. (Ilves 2016a; Korhonen 2016a.)

Työn aikana yhteyksissä olleiden tai tapaamieni toimitusinsinöörien ja kartoittajien mukaan aineistoa on käytetty tilusjärjestelyiden yhteydessä ainakin peltojen jaotteluun avo- ja salaojitettuihin sekä jakosuunnitelmien teossa apuvälineenä. Satunnaisesti laserkeilausvarjostusaineiston epäselvyyden vuoksi aivan täysin varmaa tulosta ei aina välttämättä saada, joten joskus asioita pitää varmistaa asianosaiselta. Myös mikäli laserkeilausaineisto on kovin vanha, pelto on voitu keilauksen jälkeen salaojittaa. (Kytölä 2016.)

Joissakin toimituksiin liittyvissä mukauttamistoimissa kuten ojituksessa laserkeilausaineisto antaa myös oivan avun, jolloin laserkeilausaineistosta luoduilta korkeuskäyriltä voidaan helposti nähdä maanpinnan muodot ja korkeuden muutokset. Tästä on hyötyä kun tilusjärjestelyiden yhteydessä tehdään mm. ojitus - tai muita suunnitelmia. Varsinkin alavien maiden kohteet, joilla korkeuserot voivat olla varsin pieniä tai liki olemattomia, laserkeilausaineistosta saadaan silti luotua apukorkeuskäyrät halutulla korkeusvälillä. (Ilves 2016, Korhonen 2016a.)

4.1.3 Rantarajojen määrittäminen

Eräs esimerkki, jossa laserkeilausaineistosta johdettua korkeusmallia tai muita jalosteita voitaisiin hyödyntää selvästi, ovat erilaiset vesilain mukaiset vesistöjen nostohankkeet ja niissä eritoten rantarajan määrittäminen, joka ei muutu veden mukana. Pysyvien keskivedenkorkeuden nostamishankkeiden tavoitteena on vesistöjen tilan parantaminen nostamalla vesistön keskivedenpinnan korkeutta.

Keskivedenkorkeuden nostamisella voidaan pyrkiä parantamaan muun muassa rantakiinteistön virkistyskäyttöä, vesitilavuutta, kalastusta sekä vesienkäytön edellytyksiä. Veden nostamisesta aiheutuu usein kiinteistöolojen muutos, joka tulisi merkitä kiinteistötietojärjestelmään. Tämä tapahtuu kiinteistötoimituksen kautta. Vesilain uudistus 2012 määräsi, että aina keskivedennoston yhteydessä tiluksien jäädessä veden alle, on pakko tehdä tilusjärjestely (Konttinen 2016; Suhonen 2016.)

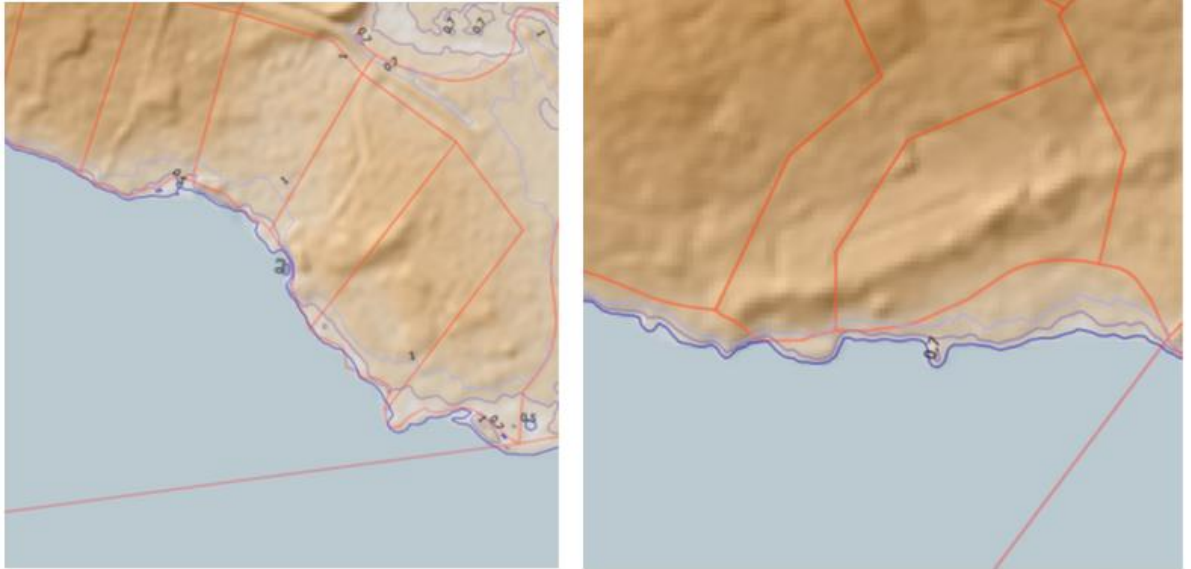
Keskivedenkorkeuden nostamisessa tulee huomioida veden alle jäävä maa-alue, koska se tulee liittää osaksi yhteistä vesialuetta, jos veden alle jäävään maa-alueeseen on myönnetty pysyvä käyttöoikeus. Käyttöoikeus tulee perustaa niihin veden alle jääviin alueisiin, joita hakija ei omista tai joihin hänellä ei ole ennestään pysyvää käyttöoikeutta. (Suhonen 2016.)

Rantarajan määrittäminen on yleisesti ottaen hyvin vaikeaa, rajan ollessa veden suuntaan sijainniltaan heikko ja epätarkka. Tästä on aiheutunut muun muassa Lohjan Tarkeelanjärven kunnostuksessa turhien korvausten määrääminen, kun 2013 AVI määräsi kiinteistörekisterikartan pohjalta veden alle jääneistä alueista korvauksia, vaikka tilusjärjestelytarvetta tutkittaessa huomattiin, että nosto tapahtui vesijätöllä. Laserkeilausaineistoa on hyödynnetty myös Laitilan Luku-, Kaarni- ja Särkijärvien hankkeissa sekä Siilinjärven Kevättömällä, lopputuloksen ollessa se ettei kovan maan tiluksia ole jäämässä veden alle. (Konttinen 2016.)

Keskivedenkorkeuden nostohankkeissa rantarajan sijainti selvitetään, käyttäen esimerkiksi arkistotutkimuksia ja aikaisempia toimituksia. Laserkeilausaineiston avulla luodaan määritellyn rantarajan korkeudelle korkeuskäyrä verraten sitä suunnitelman mukaiseen nostokorkeuteen. Mikäli mennään yli rantarajan korkeuden, veden alle jäävät alat selvitetään. (Konttinen 2016.)

Ruotsin- ja Velhonveden makeanveden altaan luvan uusimisprosessissa on meillä yhteistyöprojekti, jossa hyödynnetään laserkeilausaineistoa (kuvio 9). Siinä Maanmittauslaitos selvittää ja perusparantaa rantarajan kiinteistörekisteriin,

toimittaan rajatiedon CM Pöyrylle, joka maasto-mallia hyödyntäen listaa kiinteistökohtaisen vettymishaitan AVIn vaatimuksesta. Näissä tapauksissa selvitetään kiinteistöjen omistajat ja vettymishaitan pinta-alat. (Konttinen 2016.)

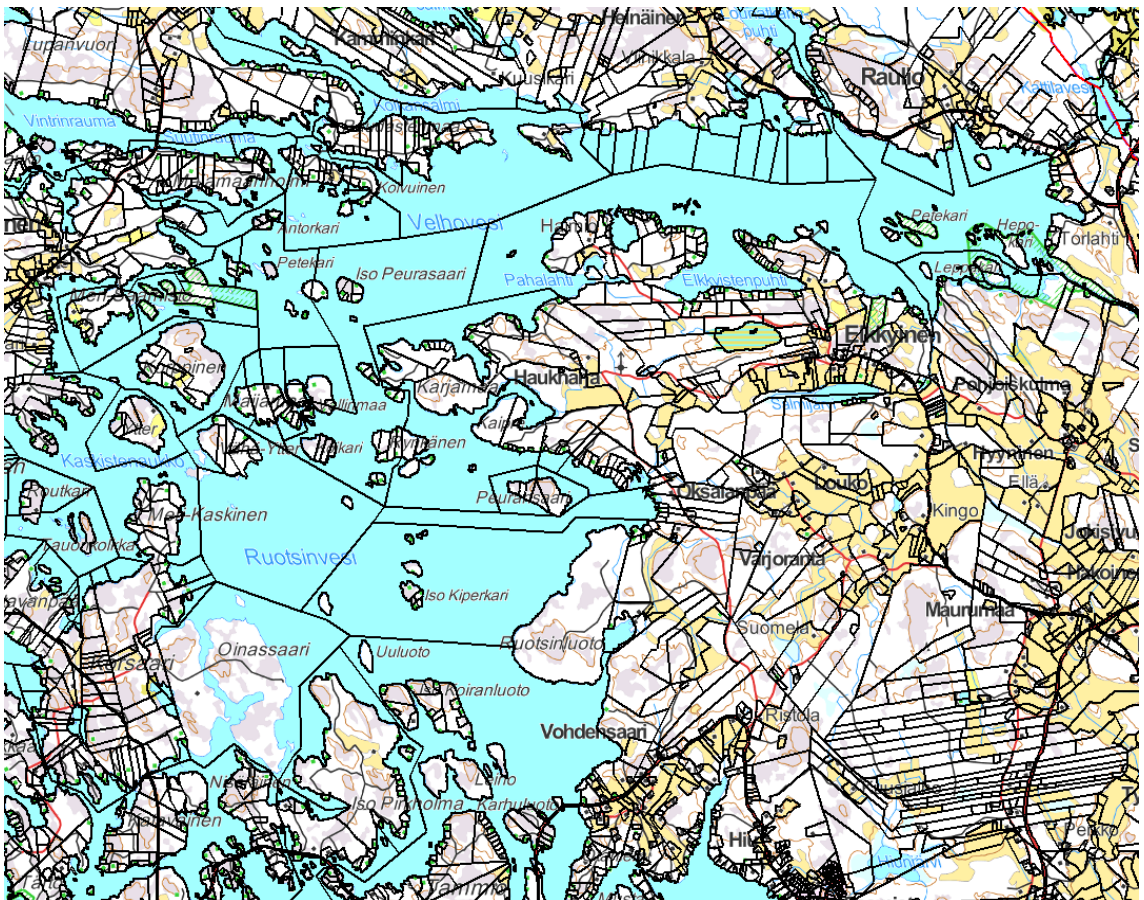


Kuvio 9. Rantarajan määrittäminen, Ruotsinvesi ja Velhonvesi (Fager-Pintilä 2016)

Rantarajojen määrittämisessä ja tulkinnassa on kuitenkin myös omat haasteensa. Laserkeilausaineistosta tai korkeusmallista saa määrätyssä korkeustasossa tehdyn leikkauksen, jonka reunaviiva muodostaa ”käyräviivan” eli rajauksen, mutta tämä ei ole vanha rantaviiva. (Fager-Pintilä 2016.)

Vanhan rantarajan tulkinta vaihtelee hyvin paljon myös henkilöiden välillä. Kolme eri henkilöä tulkitsi 3200 metriä rantarajaa, apunaan skannattu toimituskartta, laserkeilausaineistosta luotu korkeuskäyrä ja ilmakuva. Tuloksena rakennetun rannan tapauksessa yhteistä tulkintaa, joksi voidaan todeta se kun viivat ovat kahden metrin sisällä toisistaan, oli 160 metriä kaikkiaan 1300 metrin matkalta. Luonnonvaraista rantaa tulkittaessa yhteistä tulkintaa, eli viivojen ollessa samoin kahden metrin sisällä toisistaan, oli 1500 metriä 1900 metrin kokonaismatkasta. (Fager-Pintilä 2016.)

Yleisesti ottaen mitä korkeammalla käyrä eli vanha rantaraja on merenpinnasta, sitä paremmin korjaus sen perusteella onnistuu. Keilausaineisto ei sovellu kovin hyvin rakennetuille rannoille eikä hyvin matalille ja kasvillisuuden täyttämille tai ruovikkoisille ja umpeenkasvaneille rannoille. Esimerkiksi jo edellä mainitussa Ruotsinveden ja Velhonveden tapauksessa on mukana 35 kylää ja 25 eri korkeuskäyrää ja kaikkiaan noin 200 km rantarajaa. Yleiskäsityksen alueesta saa kuviosta 10. (Fager-Pintilä 2016.)



Kuvio 10. Ruotsinvesi ja Velhonvesi, rantarajaa (Fager-Pintilä 2016)

Alueen laserkeilaus on tehty 2011. Aineistosta on tehty korkeuskäyrä halutulla korkeudella, joka saadaan MXL-muotoisena lisätietoviivana JAKOkii -järjestelmään. Kuvion 11 ylemmässä kuvassa on arkistokartta taustalla ja alla olevassa ilmakuva. Kuviosta on nähtävillä ristiriitaa vanhan toimituskartan ja JAKOkii näkymässä olevan rantarajaviivan välillä (Fager-Pintilä 2016.)



Kuvio 11. Rantarajaa (Fager-Pintilä 2016)

Kuviossa 12 vasemmalla on vanha arkistokartta ja oikealla ilmakeku näkymä. Kuviossa näkyy hyvin mukana oleva laserkeilausaineistosta luotu rantarajan lisätietoviiva sekä myös selkeä ristiriita vanhan toimituskartan suhteen. (Fager-Pintilä 2016.)

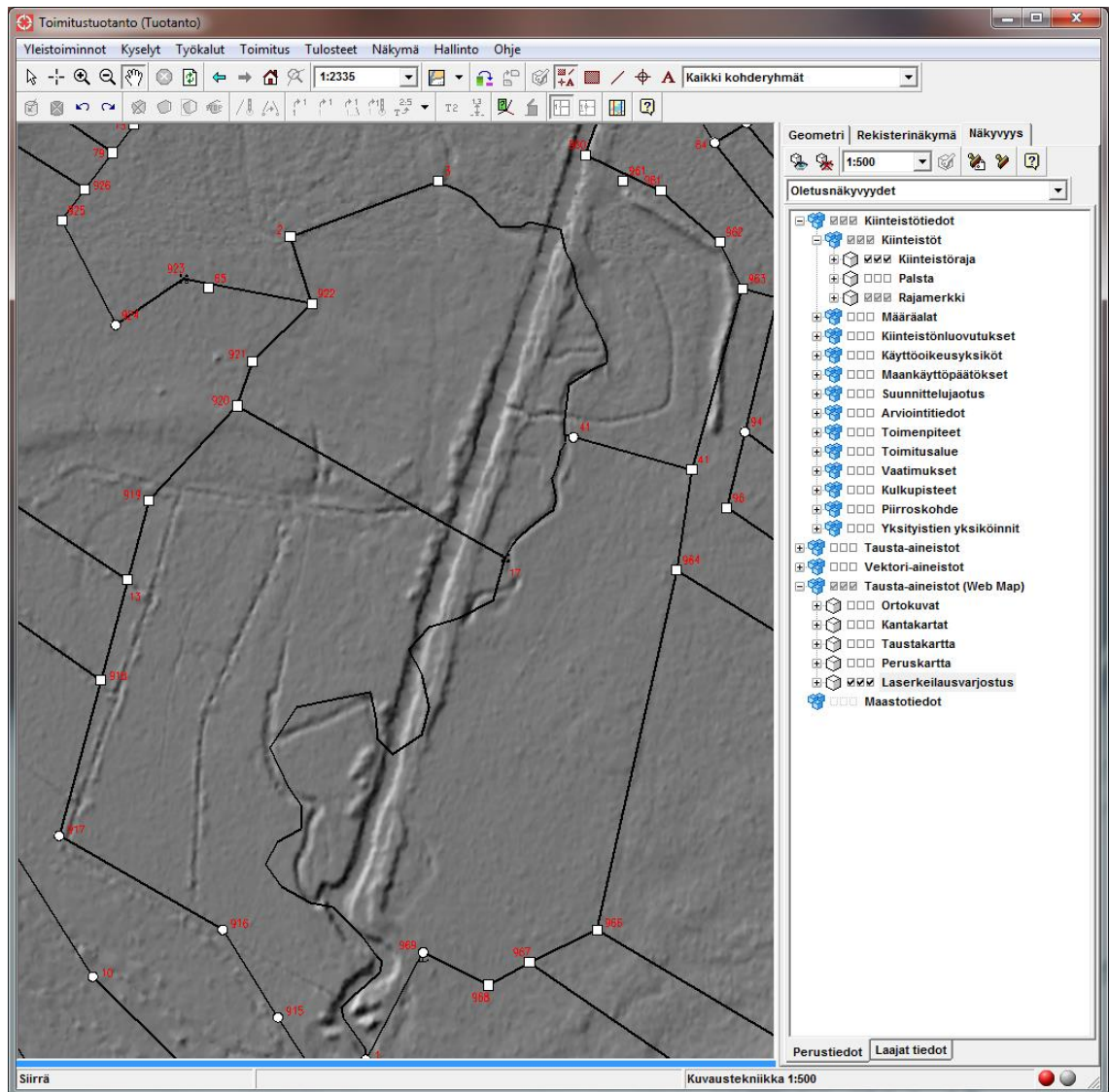


Kuvio 12. JAKOkii näkymän rantarajaa MXL-lisätietoviivana (Fager-Pintilä 2016)

4.1.4 Kartoitustyöt

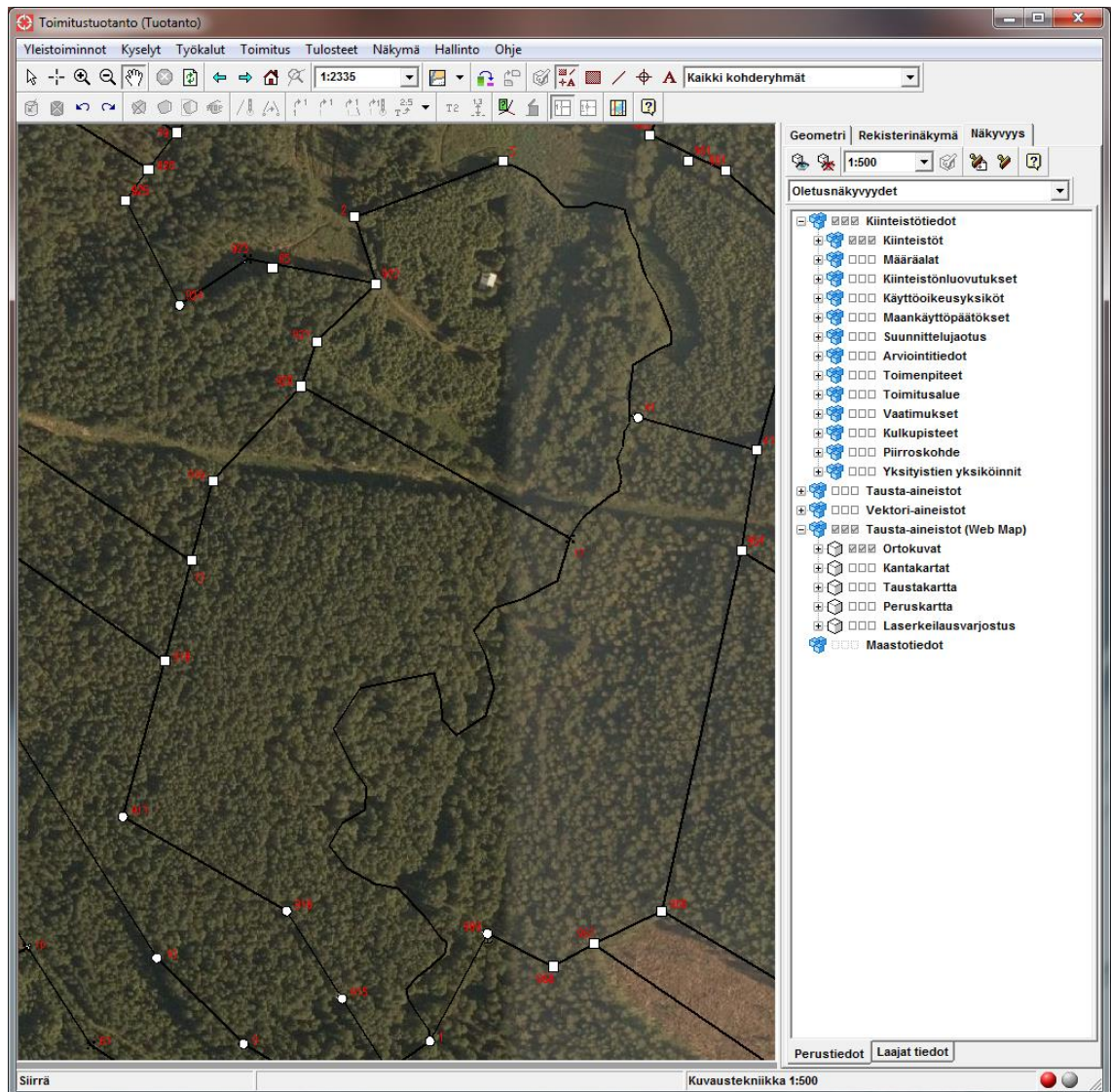
Yksi käyttökohde voisi olla myös luonnonojaa tai muuta vastaavaa kohdetta mu-
kailevan kiinteistörajan päivittäminen pelkästään laserkeilausvarjostus aineiston
avulla. Oheisessa kuviossa (kuvio 13) on lohkomisen yhteydessä päivitetty kiin-
teistön itäpuolinen raja kulkemaan vanhaa kuivunutta luonnonojan uomaa pitkin
sitä, että ojan kartoitus on tehty maastossa GPS-laitteella kartoittamalla.

Toimituksessa, jonka maastotöihin osallistuin, päivitettiin raja viisikiviseltä pyy-
kiltä 17, joka on suunnilleen kuvion keskellä, pohjoiseen päin pyykin 41 kautta
sekä pyykiltä 3 itään päin kuivatuskanavaan asti. Kuviosta voidaan päätellä, että
rajat olisi voitu aivan riittävällä tarkkuudella päivittää myös suoraan toimistotyönä
käyttäen apuna laserkeilausvarjostusaineistoa. Toki epätarkkojen rajapyykkien
etsintä ja mittaus oli tehtävä maastossa, mutta jonkin verran maastotyössä kulu-
nutta aikaa olisi todennäköisesti säästynyt, korjaamalla ojaan rajoittuva kiinteis-
töraja laserkeilausaineiston avulla oikealle kohdalleen.



Kuvio 13. Luonnonojaan rajoittuvan kiinteistön rajaa laserkeilausvarjostus aineiston päällä

Kuvion 14 ilmakuvasta nähdään, että alue oli varsin puustoinen ja GPS-laitteenkin tarkkuusvaatimuksia jouduttiin hiukan löysäämään, jotta ojan kartoitus maastossa onnistui. Kuvioista myös nähdään se miten kiinteistöraja todennäköisesti lähtee harhailemaan heti päivitetyn kiinteistön jälkeen rajapyykiltä 17 etelään päin.



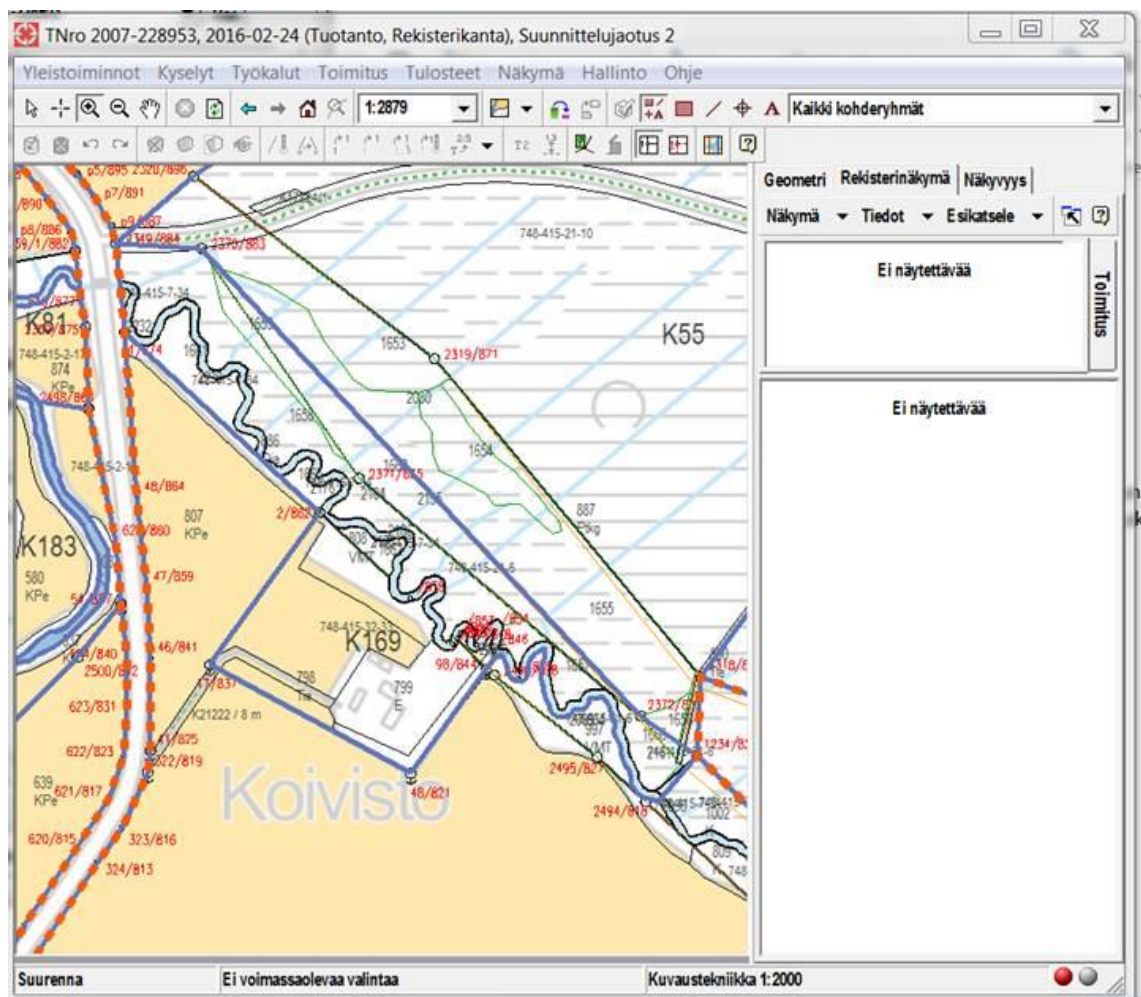
Kuvio 14. Ilmakuva luonnonojaan rajoittuvasta kiinteistöstä

Samoin aineistoa on jo hyödynnetty siten, että eri toimituksiin liittyvien maastotöiden yhteydessä löydettyjen rajapyykkien JAKOkii -järjestelmään viennin jälkeen kartoittaja oli asettanut tausta-aineistoksi laserkeilausvarjostuksen ja tätä kautta koittanut selvittää kadoksissa olleita rajapyykkejä. Näin sen takia kun usein laserkeilausvarjostukselta on nähtävissä vanhoja, jopa lähes umpeen kasvaneita kaivettuja oja tai kuivatettuja luonnonoja, joiden varsilla rajapyykit saatavat sijaita. Maastossa paikka voi olla täysin umpeen kasvanut vuosien tai vuosikymmentenkin seurauksena. Tällöin ojan varrelta tai toisesta päästä löydetty rajapyykki voi opastaa etsimään jotain toista kadoksissa olevaa pyykkiä. Sille voidaan laserkeilausvarjostusaineistoa taustana käyttäen luoda apukartoituspiste

maastossa paikantamisen avuksi, mikäli esimerkiksi oja näkyy aineistossa edes vaimeasti. Arkistoiden vanhat toimituskartat ovat oivia lähteitä rajapyykkien todentamiseksi ojien ja muiden vastaavien kohteiden varrella sijaitseviksi. (Heikkinen 2016.)

Varsin oivallista hyödyntämistä oli tehty Luohuan uusjaossa Siikajoella, jossa yhdellä kohteella oli ollut sakeaa metsää kasvava alue, ja jonka läpi oli kulkenut luonnonoja. Kiinteistöraja oli havaittavasti ollut toimitusta aloittaessa pielessä JAKOKii-järjestelmässä. Jo toimituksen suunnitteluvaiheessa oli hyödynnetty laserkeilausvarjostus aineistoa siten, että sitä taustana käyttäen oli luotu ojan varrelta kartoituspisteitä ja myöhemmin maastossa GPS:llä tarkistettu pisteiden sijainnit, jotka olivat varsin hyvin osuneet ojan kohdalle. (Marjomaa 2016a.)

Laserkeilausvarjostusaineiston avulla ojaan rajoittuvat rajat laitettiin paikalleen yhteistyössä MARA-prosessin kanssa. Lopputulos on nähtävissä kuviossa 15. Koko prosessissa hyödynnettiin täten laserkeilausta, GPS-mittausta sekä MARA-puolen erityistyöasemia. Vanha kiinteistönraja paikoilleen ja uusi suunnitteluraja saatiin oikealle paikalle. Samoin toimituksen arvokohteet ja puustokuviot tulivat oikeille, maaston mukaisille paikoille. Edellä mainitulla menetelmällä välttyttiin tekemästä päällekkäistä työtä toimituksessa. Aineisto saatiin vastaamaan maastoa jo ennen suunnittelu- ja korvauskäsittelyä, eikä tietoja siten tarvinnut enää korjata maastosta saadun tiedon jälkeen. (Marjomaa 2016b.)



Kuvio 15. Luonnontilaisen ojan kartoitus laserkeilausvarjostusta apuna käyttäen (Marjomaa 2016b)

4.1.5 Metsätiedon keräys

Metsäkeskus käyttää hyväkseen Maanmittauslaitoksen keräämää laserkeilausaineistoa metsävaratiedon keruuprosessissa. Laserkeilauksella saadaan tehokkaasti tarkkaa, kolmiulotteista tietoa puuston ja maaston rakenteesta. Lisäksi hyödynnetään ilmakuvia, esimerkiksi puulajien tunnistamisessa. Koko prosessi valmistelusta valmiin tiedon julkaisuun kestää 1,5-2 vuotta, jonka aikana tehdään työvaiheiden rinnalla laadunvarmistusta. (Metsäkeskus 2016.)

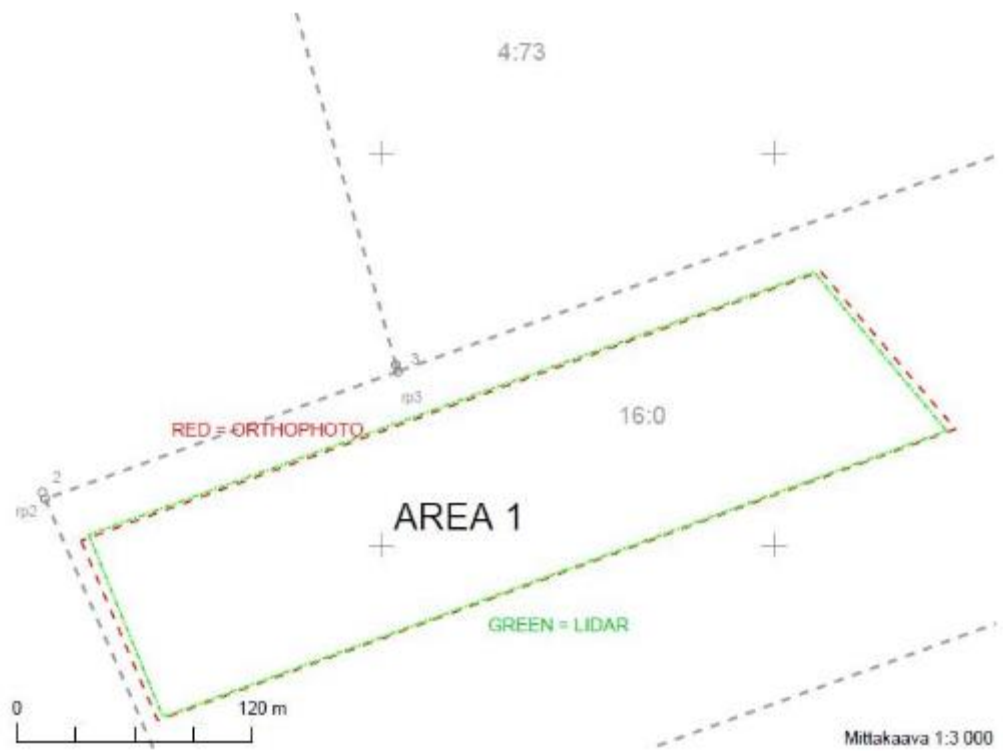
Ilmalaserkeilaus ja ilmakuvaus tehdään kevään ja kesän aikana alueilla sekä mitataan maastokoealat joita tarvitaan puustotulkinnassa myöhemmin. Syksyllä esikäsitellään puustotulkinnassa tarvittavat aineistot ja talvikaudella laaditaan tilastolliset laskentamallit, varmistaen niiden toimivuus ja tulosten laatu vertaamalla maastossa mitattuun tietoon. Puustotiedot lasketaan jokaiselle alueen metsätalouden hilaruudulle. Hilaruudut ovat 16 m x 16 m kokoisia alueita, joista inventointialue koostuu. (Metsäkeskus 2016.)

Tätä metsävaratietoa Maanmittauslaitos käyttää hyväksi kiinteistötoimituksissaan välillisesti. Täten Maanmittauslaitoksen itsensä keräämän ja eteenpäin luovuttamansa laserkeilausaineiston yksi hyödyntämismahdollisuus on juuri ajantasainen metsävaratieto. (Ilves 2016a; Korhonen 2016b.)

4.1.6 Rajojen määrittäminen

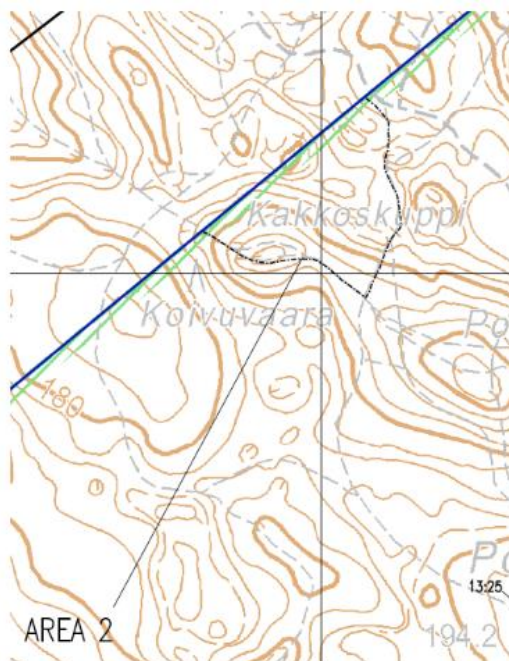
Sami Mantere on YAMK-tutkinnon lopputyössään ”The Evolution of the Cadastral Surveyor” eräänä aiheena tutkinut mahdollisuutta kiinteistörajojen määrittämiseen toimituksissa pelkästään ilmakuva- ja laserkeilausaineistojen perusteella eli täysin ilman maastotöitä. Työssä on kokeiltu määrittää neljän erilaisen kohteen rajalinjat käyttäen sekä ilmakuvaa ja laserkeilausaineistoa, jonka jälkeen 3 kohdetta on myös määritetty maastossa mittaamalla käyttäen GPS-laitteistoa. Kohteet oli tarkoituksellisesti valittu siten, että niiden rajalinjat perustuvat erilaisiin reunaviivoihin, kuten esimerkiksi teihin ja luonnonpuroihin tai pellonreunaan. Tämän jälkeen on tehty vertailua muun muassa miten eri tavoin määritettyjen alueiden pinta-alat suhtautuvat toisiinsa. (Mantere 2016.)

Ensimmäisenä testattuna alueena oli ojien rajaama peltokohde, jota ei mitattu maastossa (Kuvio 16). Tuloksen perusteella isoa eroa ilmakuvasta sekä laserkeilausaineistosta määrittämisen välillä ei ollut. (Mantere 2014.)



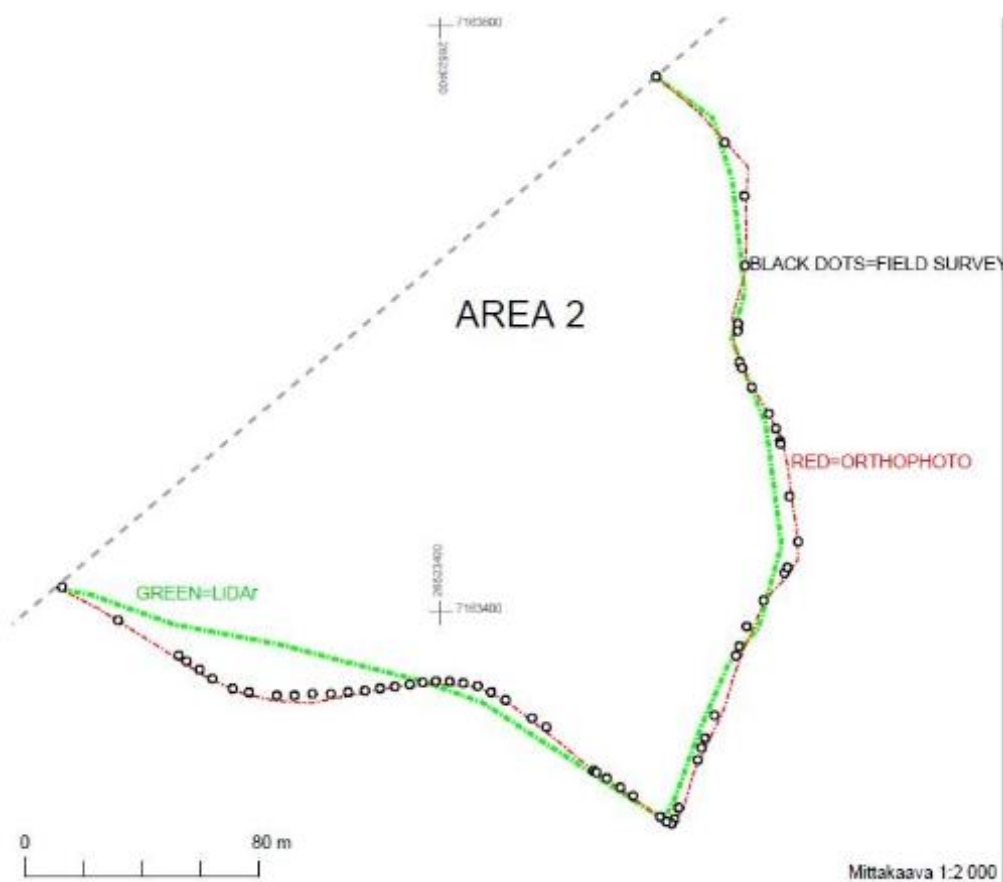
Kuvio 16. Testi alue 1 oijen rajaama peltokuvio (Mantere 2014)

Toinen testattu alue rajoittui useisiin teihin. Tiet kulkivat osin suurten korkeuserojen alueella, jonka näkee selvästi kuviosta 17. (Mantere 2014.)



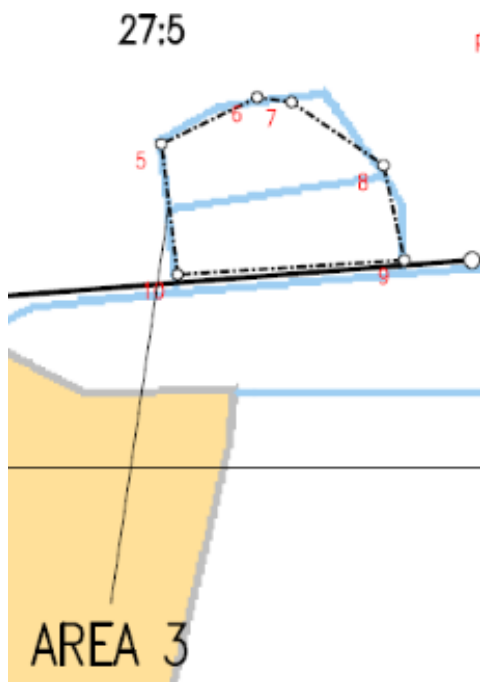
Kuvio 17. Alue 2 jossa tehtiin tien määrittäminen (Mantere 2014)

Huomioitavaa oli, että ilmakuvalta ja maastossa tehty määrittely olivat hyvin lähellä toisiaan, mutta laserkeilausaineistolla tehty määrittely olikin hyvin hankalaa. Tien kulkiessa alas harjujen väliseen kuoppaan tien tarkka määrittely oli käytännössä mahdotonta ja sijainnin määrittelyyn tuli selvä virhe (kuvio 18). Muualla, missä korkeuserot olivat pienempiä, ei määrittelyssä isoja eroja syntynyt. (Mantere 2014.)



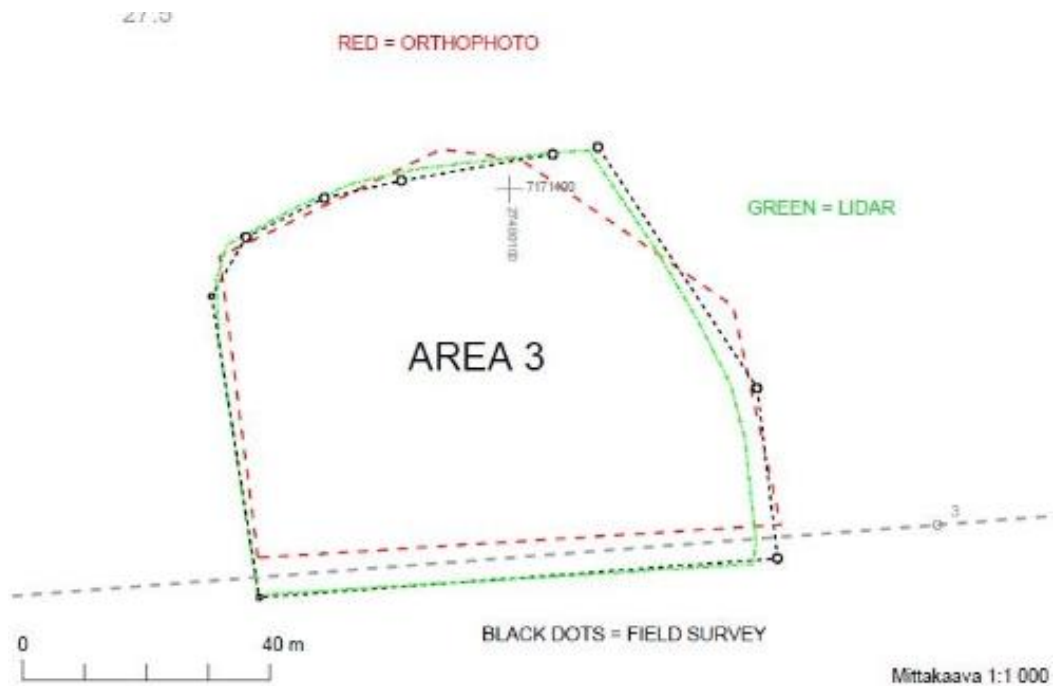
Kuvio 18. Testi alue 2 tien paikan määrittely Rokualla (Mantere 2014)

Kolmantena kohteena oli ojien ympäröimä ja rajaama puustoinen kuvio. Tarkoituksena oli kartoittaa paikantaa kohteessa olleet ojat (Kuvio 19). (Mantere 2014.)



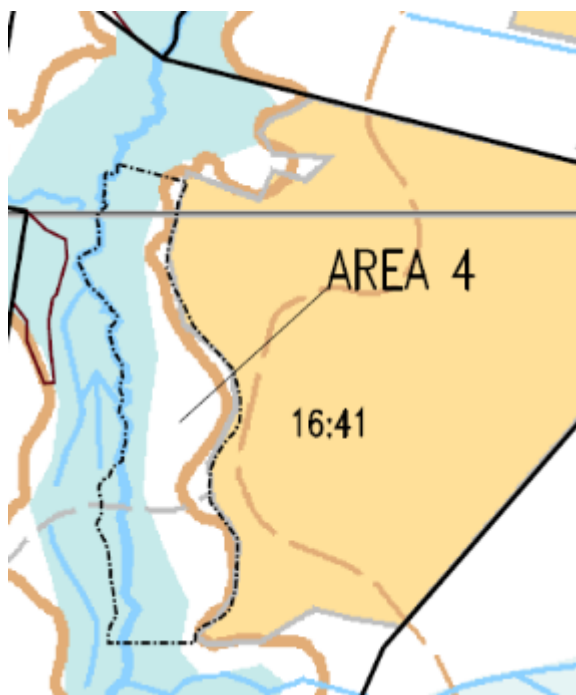
Kuvio 19. Alueen 3 määrittäminen (Mantere 2014)

Tässä kohteessa 3 ilmakuvasta tehdystä rajan määrittämisessä oli suuria heittoja verrattuna ojan todelliseen paikkaan. Laserkeilausaineistosta tehty määrittäminen oli selvästi tarkempi paitsi alueen itäisin laita, jossa suurin virhe verrattuna maastossa tehtyyn mittaukseen oli noin 4 metrin luokkaa. Kuviossa 20 laserkeilausaineistosta tehty määrittäminen näkyy vihreällä. (Mantere 2014.)



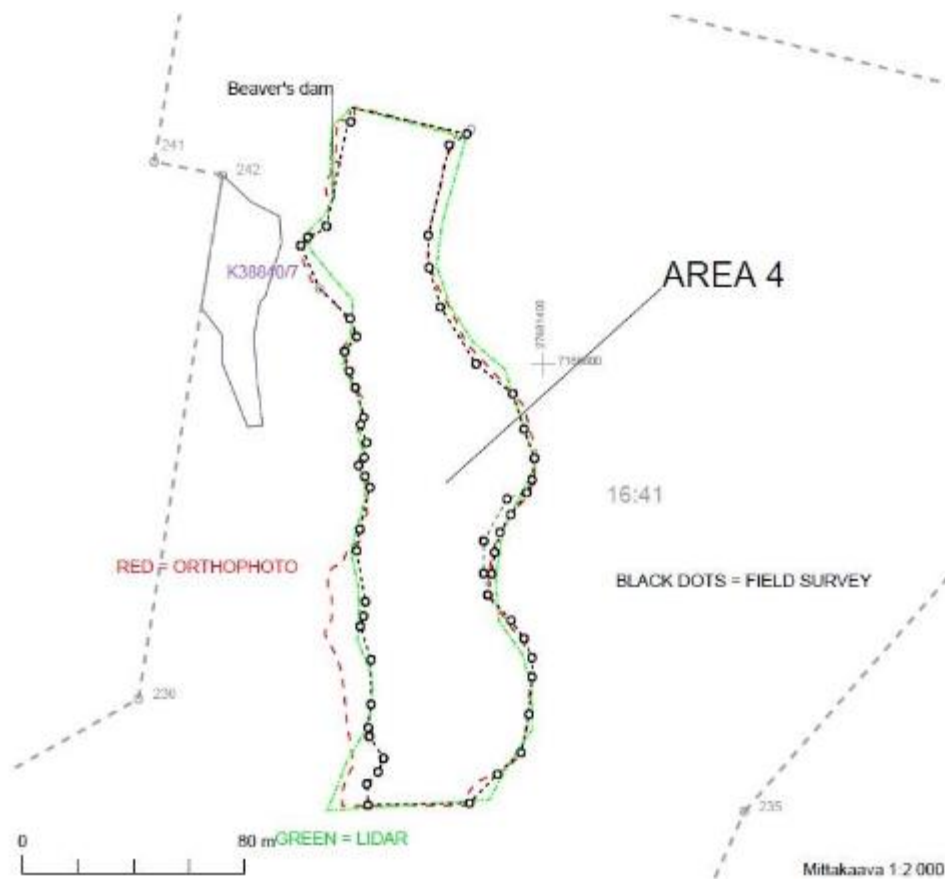
Kuvio 20. Alueen 3 tulokset (Mantere 2014)

Viimeisenä kohteena oli lännessä Lohioja nimiseen luonnonojaan sekä idässä peltoon rajoittunut alue (kuvio 21). Määrittäminen alkoi alueen lounaiskulmasta kohti pohjoista pitkin luonnonojan vartta. (Mantere, 2014.)



Kuvio 21. Määritettävä kohde 4 (Mantere 2014)

Kuviosta 22 nähdään alueen määrittysten lopputulos. Ilmakuvalta tapahtunut määrittys oli ensimmäisten 100 metrin osalta pielessä 9-12 metriä todellisesta kohteesta. Laserkeilausaineistosta kykeni määrittämään luonnonojan pääosin helposti eli siellä missä laserkeilaus oli päässyt maanpintaan asti, mutta osa ojan varresta oli niin pusikkoinen, että määrittäminen oli hankalaa tai jopa mahdotonta. Samoin alueen itäisen puolen määrittäminen oli hankalaa koska laserkeilausaineistosta näkee pelkän maanpinnan eli kasvillisuus on suodatettu pois. (Mantere, 2014).



Kuvio 22. Kohteen 4 tulokset (Mantere 2014)

Lopputuloksissa Mantere toteaa, että laserkeilausaineistoa voidaan hyvin käyttää pinnan muotojen tunnistamiseen peitteisillä alueilla. Hän on verrannut eri tavoin määritettyjen alueiden pinta-aloja, joissa ei kovin isoja eroja ollut määrittystapojen

välillä. Hän myös toteaa, että erot hyvissä olosuhteissa ovat pieniä ja niitä voidaan yhä pienentää käyttäen hyväksi ilmakuvan ja laserkeilausaineiston yhdistelmää määrittäessä tehdessä.

Aivan vastaavasti luonnonojien kartoitus on yksi tapaus, mihin laserkeilausaineistoa on hyödynnetty myös RETI -prosessin puolella kiinteistörekisterikartan perusparantamisessa (Kärkkäinen I. 2016).

4.1.7 Tieoikeuden sijainnin määrittäminen

Siihen hyvin soveltuva laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuus löytyi myös tieoikeuksien perusparannustyöstä, jota oli tehty RETI -prosessin eteläisen alueella. Käytännössä sitä työtä tehdään alueellisilla tietoinstituutioilla. Peitteisillä metsämaa-alueilla esimerkiksi laserkeilausvarjostus aineistoa voi hyödyntää tien keskilinjauksen paikantamisessa, koska tien sijainnin hahmottaminen on siellä hankalaa. Tieoikeuksien perusparannustyötä tehdään alueellisilla tietoinstituutioilla. Toimituksissa vahvistetaan oikeudet käytössä oleville teille. Käytännössä se tapahtuu niin, että ensin kuullaan kiinteistöjen omistajia, eli mistä he kulkevat ja sitten yhdellä toimituskokouksella vahvistetaan toimitusalueen tieoikeudet käytössä oleville teille ja muille tarpeellisille kuluille. Toimituksen yhteydessä tehtyihin tielinjojen päivityksiin tien todelliseen sijaintiin voidaan käyttää laserkeilausaineistoa. (Kärkkäinen 2016.)

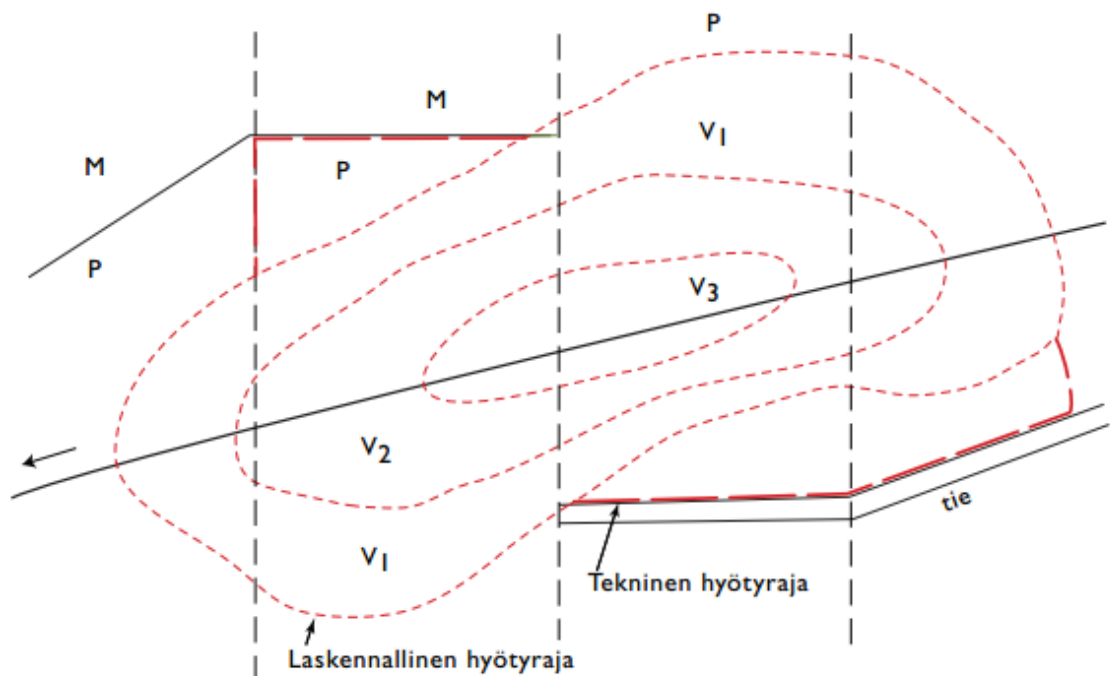
4.2 Muita hyödyntämisen mahdollisuuksia

Tässä kappaleessa esitetään lähteiden pohjalta heränneitä ajatuksia ja työn tekemisen aikana saatuja kommentteja, mihin kaikkien laserkeilausaineistojen voitaisiin hyödyntää toimitustuotannossa. Osa voi olla absurdejakin, mutta tulevaisuudessa kenties hyvinkin mahdollisia käyttötapoja.

Aiemmin jo mainittu laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuus ojitus-suunnitelmien ja kuivatuskartan apuna, aineistoa olisi kenties mahdollista hyödyntää lisäksi myös toisella tavalla ojituksien yhteydessä. Maa- ja metsätalousministe-

riön tekemässä ojitustoimitusoppaassa todetaan, että hakija on velvollinen maksamaan suunnittelukustannukset, jotka kuitenkin voidaan sisällyttää hankkeen kokonaiskustannuksiin ja periä hyödynsaajilta hyödyn suhteessa kustannusosittelun mukaisesti. (Ojitustoimitusopas 2003.)

Hyödyn arvioimista varten hyötyalue jaetaan tarvittaessa maaston korkeuden mukaan korkeusvyöhykkeisiin, joiden perusteella tilakohtaiset tiluskuviot muodostuvat (Pajula & Järvenpää 2007). Alla esimerkkikuva, jossa olevat rajat voitaisiin määrittää laserkeilausaineiston avulla (Kuvio 23).



Kuvio 23. Hyötyraja ja vyöhykejako (Pajula & Järvenpää 2007)

Juurikin yllä mainitun hyödyn suhteen määrittämiseen voitaisiin hyödyntää laserkeilausaineistoa siten, että voitaisiin saada hyvinkin tarkat tiedot kunkin kiinteistön saamasta kuivatushyödyistä. Käytännössä esimerkiksi kun tehtäisiin vaikkapa tilusjärjestelyhankkeen ojitusten suunnitelmia, niin voitaisiin selvittää laserkeilausaineistoa hyväksikäyttäen kunkin kiinteistön pinta-alat tarkasti tietyiltä korkeusväleiltä ja sitten näiden pinta-alojen myötä voitaisiin ositella kustannuksia kiinteistöjen kesken. (Rummukainen 2016).

Lohkomistoimituksissa joudutaan toisinaan tekemisiin rakennusten kanssa, varsinkin tonttien lohkomisen yhteydessä. Laserkeilausaineistosta olisi rakennusten tarkka paikka mahdollista selvittää lohkomisia varten hyvinkin tarkkaan, varsinkin jos rakennuksiin osuneet pisteet jaoteltaisiin pistepilven käsittelyn yhteydessä omaan luokkaansa. Nyt rakennuksiin osuneet pisteet löytyvät luokittelemattomiksi jääneiden pisteiden joukosta.

Samoin laserkeilausaineiston hyväksikäyttö metsänarvioinnissa, esimerkiksi mahdollisia toimituksissa määrättäviä korvauksia varten, voisi olla yksi mahdollisuus. Lohkomisten yhteydessä ainakin tieoikeuksia perustettaessa tai erillisissä yksityistietotoimituksissa tien paikkaa määritessä laserkeilausaineistoa voisi kenties hyväksikäyttää. Monissa muissakin toimituksissa, joissa perustetaan korvausperusteen aiheuttavia isojaakin tie- tai muita oikeuksia.

Rantarajojen määrittämiseen laserkeilausaineistoa on jo käytetty. Mietinnässä on myös laserkeilauksen hyödyntäminen pienien merensaarien rantarajan määrittämisessä ja lisäksi vesijätön lunastuksessa vanhan rannan paikannuksessa. (Konttinen 2016.)

Ainakin aineiston hyväksikäyttö toimitusten, kuten lohkomisten- tai tietotoimitusten ennakkotutustumiseen on jo nyt mahdollista, jolloin toimitusinsinööri voisi saada jo ennakkoon jonkinlaisen arvion ennen varsinaista maastoon menemistä. Samoin aineiston avulla voitaisiin hakea myös sopivaa paikkaa esim. tiealueelle ja lähettää täten jo toimitusten kokouksuissa ehdotuksia tien tai muun rasitteen paikasta asianosaisille.

Maastotöitä tekeville, joita itsekkin harjoittelijana Maanmittauslaitoksella tein, laserkeilausaineisto saattaisi tarjota mahdollisuutta kulkureittien suunnitteluun. Tällöin maastomittausta varten kohteelle pääsemiseksi voisi ennakkoon katsoa laserkeilausvarjostus aineistolta esimerkiksi luonnonojan ylittämiseksi kapeinta kohtaa. Samoin aineistolta erottaa jyrkänteet sekä kaivetut ojat ja kanavat, jotka voivat aiheuttaa joskus haasteita työkohteeseen pääsyn kannalta.

Laserkeilausaineistosta on luotavissa erilaisia visualisointeja sekä pintamalleja, joita voitaisiin hyödyntää monissa tapauksissa. Luomalla erilaisia visualisointeja ja pintamalleja samasta kohteesta, voidaan vertailtaessa helpommin erottaa esimerkiksi metsän ja pellon rajapintoja. Oheisessa kuvassa (kuvio 24) on esimerkitapaus visualisoidusta korkeusmallista, joka edustaa nykyisyyttä eli jo saatavilla olevaa tietoa. (Ilves 2016c).



Kuvio 24. KM2 korkeusmallin visualisointi (Ilves 2016c)

Seuraavassa esimerkkikuviossa (kuvio 25) on pintamallista tehty visualisointi, joka on laskettu 1 metrin resoluutiolla. Kuvio edustaa tulevaisuuden aineistoa. (Ilves 2016c).



Kuvio 25. Pintamallin visualisointi (Ilves 2016c)

4.3 Aineiston jatkokehitys mahdollisuudet ja tarpeet

Maanmittauslaitoksen JAKOkii -järjestelmässä laserkeilausvarjostus eli niin sanottuja visualisointikuvia voidaan tällä hetkellä tarkastella vain ilmakuva -perspektiivistä, eli pystysuoraan ylhäältä päin eikä 3-ulotteisesti tai jopa vapaasti liikuen korkeusmallin päällä ja sisällä, kuten EspaEngine -ohjelmassa voidaan tehdä DEM kuvien myötä. Mielestäni tämän tyylinen katselumahdollisuus voisi olla kenties eräs kehityksen kohde tulevaisuudessa.

Esiin tuli sekin asia, että laserkeilausaineiston käyttöä voi rajoittaa myös se, että aineisto ei välttämättä ole aina vasta keilattua, vaan se voi olla jo useita vuosia tai liki 10 vuotta vanhaa. Tällöin aineiston käyttö esimerkiksi peltojen jaotteluun avo- ja salaojitettuihin voi olla arveluttavaa, koska muutoksia on hyvin todennäköisesti tapahtunut aineiston valmistumisen jälkeen.

5 POHDINTAA

Työn aikana tutustuin laserkeilausaineiston tuotantoon ja sen jalostamiseen sekä hyödyntämiseen. Laserkeilausaineiston laatu vaihtelee vuosittain, vaikka se koetetaan vakioda mahdollisimman samanlaiseksi. Vuodet ovat erilaisia, tulvat ovat keväisin eri aikaan ja sää vaihtelee jonkin verran. Nämä kaikki aiheuttavat heilahtelua keilatun pistepilven laadussa ja sitä kautta koko aineistossa. Siltikin keilattuja aineistoja voidaan pitää käyttötarkoitukseensa erinomaisen riittävänä. Teknisen kehityksen myötä aineisto paranee koko ajan ja sille keksitään ja kehitetään enemmän käyttömahdollisuuksia.

Maanmittauslaitoksella laserkeilausaineiston käyttö on kasvamaan päin. Keskustelujen perusteella tietoisuus siitä paranee koko ajan ja moni on sitä katsellut ja osa kokeillutkin. Siltikin eteen tuli tilanteita, että henkilö ei vielä edes tiennyt aineiston olemassa olostakaan, mutta vieressä oleva toinen henkilö hyödynsi aineistoa hyvinkin usein.

Työtä tehdessä eteen tulleiden aineiston hyödyntämiset jopa yllättivät. Ne jotka ovat aineiston jo löytäneet ja käyttivät sitä, olivat keksineet mitä erilaisimpia mahdollisuuksia. Aineistoa hyödynnettiin varsinkin kartoituksessa. Myös tilusjärjestelyiden valmisteluissa sitä hyödynnettiin muun muassa peltojen jaotteluun, jakorajojen määrittämiseen sekä muissa toimituksiin liittyvissä tehtävissä.

Aineiston käyttötilanteesta työn tekemisen jälkeen tuli mieleen sellainen tuntuma, että aineisto auttaa monessa, mutta ei yksin ratkaise kovinkaan paljon. Tällä tarkoitan sitä, että laserkeilausaineisto tuntui olevan hyödyllinen apuväline monessa eri tilanteessa, mutta yksistään sitä käyttäen ei vielä pärjätä. Tällainen tunne tuli varsinkin rantarajojen määrittämiseen sekä ilman maastotöitä tehtävien rajojen määrittämiseen hyödyntämisestä. Rantarajojen korjauksessa aineistoa jo käytetään apuna, mutta aineiston käyttöä rajojen määrittämiseen on vasta tutkittu ainakin Sami Mantereen lopputyössä.

Tässä työssä mainittujen laserkeilausaineiston hyödyntämismahdollisuuksien lisäksi on todennäköisesti olemassa paljonkin vielä löytämättömiä ja keksimättömiä hyödyntämistapoja. Tulevaisuudessa tekniikan yhä kehittyessä ja kerätyn aineiston laadun parantuessa käyttömahdollisuudet vain paranevat.

LÄHTEET

Ahlqvist V. 2014. Laserkeilausaineistojen ja niistä johdettujen tuotteiden hyödyntäminen Puolustusvoimissa. Metropolia AMK. Opinnäytetyö. Viitattu 27.2.2016.

Alanko S. 2013. Aaltoliike ja optiikka. 13 Laserin perusteet, 307–326. Oulun yliopisto. Fysiikan laitos. Viitattu 12.4.2016
<http://docplayer.fi/8429834-13-laserin-perusteet-laser-on-todennakoisesti-tarkein-optinen-laite-joka-on-kehitetty-viimeisten-50-vuoden-aikana.html>

Annunen J. 2015a. Maanmittauslaitos Oulu, MARA-prosessin tiiminvetäjä, keskustelu 20.10.2015. Viitattu 28.12.2015.

Annunen J. 2015b. Maanmittauslaitos Oulu, MARA-prosessin tiiminvetäjä, keskustelu 10.12.2015. Viitattu 28.12.2015.

Fager-Pintilä A. 2016. Kokemuksia rantarajojen korjauksesta käyttäen apuna laserkeilausaineistoa. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 1.4.2016. Tulostettu 2.4.2016.

Försti I. 2013. Laserkeilausaineisto Maanmittauslaitoksen maasto – ja rajatiedon tuotannossa. Mikkelin AMK. Opinnäytetyö. Viitattu 26.2.2016
<http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052911583>

Heikkinen L. 2016. Kartoittaja Maanmittauslaitos. Keskustelu 11.3.2016. Viitattu 26.3.2016.

Ilves R. 2015. Maanmittauslaitos, kehityspäällikkö. Luento. Laserkeilausaineistojen hyödyntämismahdollisuudet toimitustoiminnassa 20.10.2015.

Ilves R. 2016a. Maanmittauslaitos, kehityspäällikkö. Kokous. 08.04.2016. Viitattu 12.4.2016.

Ilves R. 2016b. Korjattu versio. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi. Tulostettu 16.4.2016.

Ilves R. 2016c. Pintamalli. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 8.4.2016. Tulostettu 10.4.2016.

Järvenpää J. 2014. Ilmalaseraineiston korkeuden vertaaminen olemassa olevaan kiintopisteverkkoon. Metropolia. Opinnäytetyö. Viitattu 12.4.2016
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2014091814055>

Kareinen J. 2007. Fotogrammetrian, kuvatulkinnan ja kaukokartoituksen seminaari - Korkeusmallin luonti laserkeilausaineistosta. http://foto.hut.fi/opetus/270/esitelmät/2007/Kareinen_Juha.pdf. Haettu 2.3.2016.

Kareinen J. 2015a. Maanmittauslaitos asiantuntija. Luentokokous. Laserkeilaus-aineistojen hyödyntämismahdollisuudet toimitustoiminnassa 20.10.2015. Viitattu 29.12.2015.

Kareinen J. 2015b. Eilinen esitys + mara – reti –tj palaverin esitykset. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 21.10.2015. Tulostettu 24.10.2015.

Konttinen K. 2016. Kokemuksista laserkeilauksen hyödyntämisestä. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 15.3.2016. Tulostettu 27.3.2016.

Korhonen V. 2016a. Maanmittauslaitos, tilusjärjestelypäällikkö. Kokous. 21.03.2016. Viitattu 4.4.2016.

Korhonen V. 2016b. Maanmittauslaitos, tilusjärjestelypäällikkö. Kokous. 08.04.2016. Viitattu 12.4.2016.

Kytölä J. 2016. Maanmittauslaitos, tilusjärjestelytekniikko. Keskustelu 21.3.2016. Viitattu 26.3.2016.

Kärkkäinen I. 2016. RETI ja laserkeilaus. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 12.4.2016. Tulostettu 12.4.2016.

Leica Geosystems 2012. Youtube: Laser scanning: Chapter 2 of 3 - How It All Works. <https://www.youtube.com/watch?v=1IDO1UevAJI>. Katsottu 28.02.2016.

Lysell, G. 2012. The New National Elevation Model - 450 000 km² Airborne Laser Scanning, a Swedish success story. Viitattu 14.2.2016 http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/NNH_English_Helsinki_05%20Oct%202012.pdf

Maanmittauslaitos 2016a. Laserkeilaustekniikka. Viitattu 14.3.2016 <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/laserkeilausaineistot/laserkeilaustekniikka>

Maanmittauslaitos 2016b. Korkeusmalli 2m. Viitattu 4.3.2016. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/korkeusmalli-2-m>

Maanmittauslaitos 2016c. Laserkeilausaineisto. Viitattu 14.3.2016. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/laserkeilausaineisto>

Maanmittauslaitos 2016d. Vinaloavarjosterasteri. Viitattu 14.3.2016. <http://www.maanmittauslaitos.fi/digituotteet/vinaloavarjosterasteri>

Maanmittauslaitos 2016e. Korkeusmalli 2 m laatumalli. Viitattu 13.2.2016. http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/km2_laatumalli.pdf

Maanmittauslaitos 2016f. Tilusjärjestely. Viitattu 03.12.2015.

<http://www.maanmittauslaitos.fi/kiinteistot/maanmittaustoimitukset/tilusjarjestely>.

Maanmittauslaitos 2016g. Kaukokartoitus. Viitattu 14.3.2016.

<http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus>

Maanmittauslaitos 2016h. Pitkän aikavälin laserkeilaussuunnitelma kattaa vuoteen 2019 asti. Viitattu 14.3.2016 <http://www.maanmittauslaitos.fi/ammattilaisille/maastotiedot/kaukokartoitus/laserkeilausaineistot/pitkan-aikavalin-laserkeilaussuunnitelma-kattaa-vuoteen-2019>

Mantere S. 2014. The Evolution of the Cadastral Surveyor. Alueiden käytön suunnittelu. Lapin ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201404144282>

Mantere S. 2016. Maanmittauslaitos. Maanmittausinsinööri. Keskustelu 21.3.2016. Viitattu 27.3.2016.

Marjomaa M. 2016a. Maanmittauslaitos. Kartoittaja. Keskustelu 21.3.2016. Viitattu 26.3.2016.

Marjomaa M. 2016b. Opinnäytetyö. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi 22.3.2016. Tulostettu 26.3.2016.

Metsäkeskus 2016. Metsävaratiedon keruu. Viitattu 12.4.2016 <http://www.metsakeskus.fi/metsatiedon-keruu#.Vw0wpHq8ogU>

Narinen M. 2014. Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineiston hyödyntäminen yhdyskuntatekniikassa. Oulun AMK. Opinnäytetyö. Viitattu 28.2.2016

<http://www.urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013052911583>

Nordic Geo Center 2012. UAV & Lidar. Viitattu 11.3.2016 <https://nordicgeocenter.wordpress.com/2012/04/18/uav-lidar/>

Nordic Geo Center 2016a. Blogi, todellisuutta tallentamassa. Viitattu 27.2.2016 <http://www.geocenter.fi/blogi/taysi-aallonmuoto/>

Nordic Geo Center 2016b. Blogi, todellisuutta tallentamassa. Viitattu 11.3.2016 <http://www.geocenter.fi/blogi/tag/ilmalaserkeilaus/>

Nordic Geo Center 2016c. Topcon GLS-2000. Viitattu 11.3.2016 <http://www.geocenter.fi/riegl/topcon-gls-2000/>

Ojitusoimitusopas 2003. Maa- ja metsätalousministeriö. MMM:n julkaisuja 4/2003, Pajula H. (toim.). Viitattu 30.4.2016 http://mmm.fi/documents/1410837/1793019/MMMjulkaisu2003_4.pdf/a957634e-a36b-4670-8d3c-b2d58e9bf2dd.

Oksanen J. 2014. Geodeettinen laitos. Versatile - Valtakunnallisen laserkeilausaineiston monipuolinen hyödyntäminen, loppuraportti.

Pajula H. & Järvenpää L. 2007. Maankuivatuksen ja kastelun suunnittelu – Työryhmän mietintö. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 23 | 2007. Sivu 96. Viitattu 1.5.2016 <http://hdl.handle.net/10138/39840>.

Pikkupirtti, N. 2013. Maalaserkeilaimen käyttö maa-ainesalueilla suoritettavissa mittauksissa, 5; 23. Opinnäytetyö. Lapin ammattikorkeakoulu.

Pyysalo U., Oksanen J. 2015. Geodeettinen laitos. Loppuraportti. Paikkatietotekniikan ja tarkkojen korkeusmallien hyödyntämismahdollisuudet maatalousalueiden valtaojien sekä muiden vesiuomien määrittämisessä.

Riegl laser measurement systems 2016. Topo-Hydrographic Airborne Laser Scanning System, Riegl VQ-880-G. Viitattu 19.3.2016 <http://www.riegl.com/nc/products/airborne-scanning/produktdetail/product/scanner/46/>.

Riegl Airborne Laser Scanners 2016. Scanner Selection Guide, Airborne Laser Scanning. Riegl Laser Measurement Systems -verkkosivusto. Viitattu 11.04.2016 <http://www.riegl.com/nc/products/airborne-scanning/selelection-guide/>

Rummukainen A. 2016. Opinnäytetyö. Sähköposti marko.pennanen@maanmittauslaitos.fi. Viitattu 30.4.2016.

Suhonen H. 2016. Keskivedenkorkeuden nostohankkeet ja niiden ongelmat. Raportti. Viitattu 25.3.2016 <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/120061/Raportteja%2010%202016.pdf?sequence=2>.

Suomen ympäristökeskus 2016. Tulvakartoitus. http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Tulviin_varautuminen/Tulvariskien_hallinta/Tulvariskien_hallinnan_suunnittelu/Tulvakartoitus. Viitattu 9.3.2016.

Tarkastusvirasto 2005. Valtiontalouden tarkastusviraston tarkastuskertomus 114/2005. Maanmittauslaitoksen maanmittaustoimitukset. Viitattu 13.4.2015 https://www.vtv.fi/files/428/6109_1142005_netti.pdf

Vahur Joala. 2006. Laserkeilauksen perusteita ja mittauksen suunnittelu. Viitattu 12.2.2016 <https://drive.google.com/file/d/0B3MfAqwXowIN2Q4MzJIYjktZTA5Ni00ZGM5LTlkOWUtNTQzMdIwZTI3NDVm/view?pref=2&pli=1>

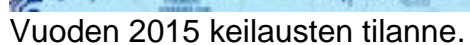
Vilhomaa J. & Laaksonen H. 2011. Valtakunnallinen laserkeilaus - testityöstä tuotantoon. Viitattu 12.2.2016 http://foto.hut.fi/seura/julkaisut/pjf/pjf_e/2011/PJF2011_3_Vilhomaa_Laaksonen.pdf

Välilä T. 2012. Laserin ja ledin käyttö optisessa tiedonsiirrossa. Turun AMK. Opinnäytetyö. Viitattu 22.4.2016 <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/47260/Tyo.pdf?sequence=1>

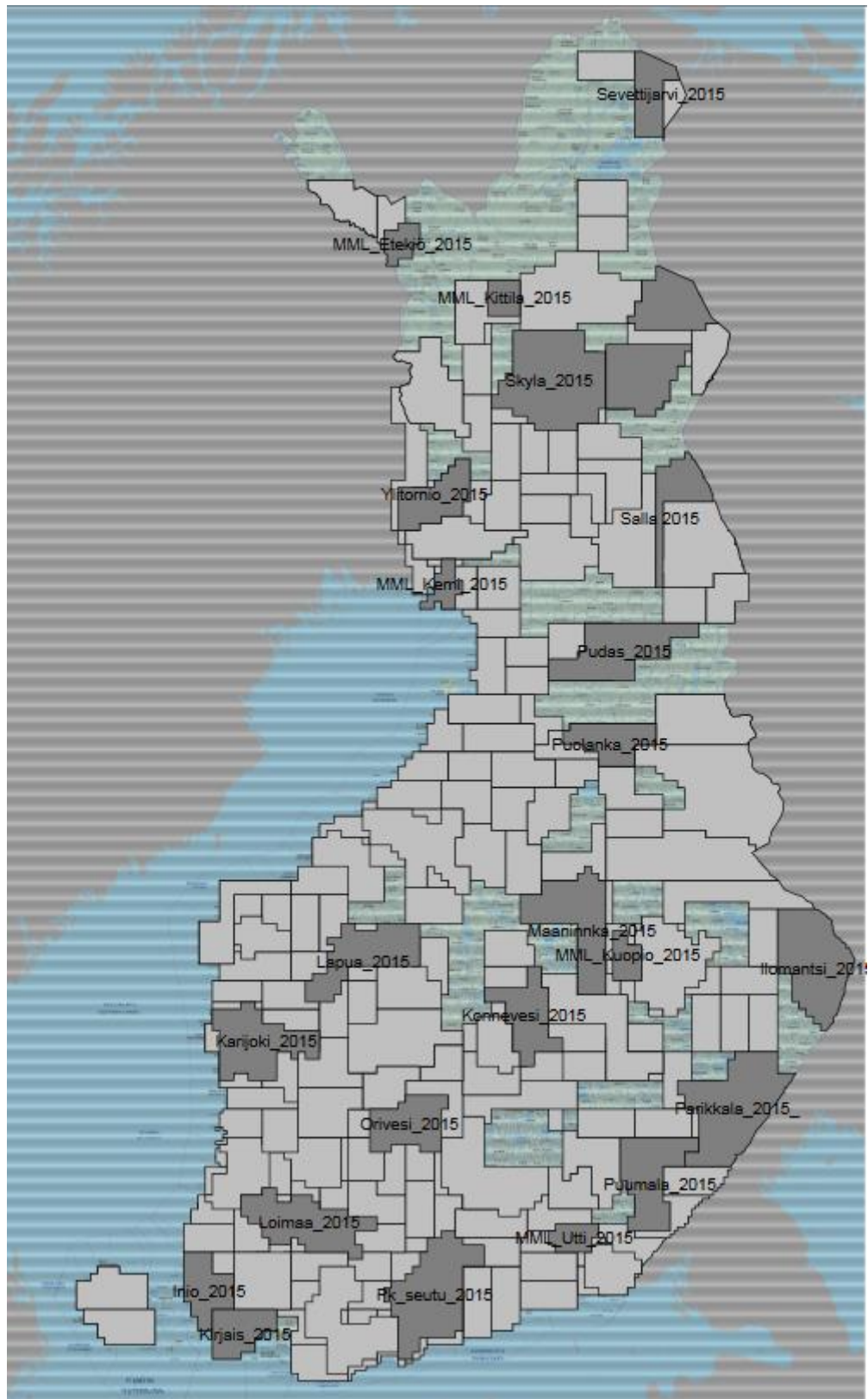
LIITTEET

Liiteluettelo:

- Liite 1. Vuoden 2015 keilauksien tilanne ja 2015 suunnitellut keilausalueet. Maanmittauslaitos 12.2.2016.
- Liite 2. Tulvavaarakartta-palvelun esimerkkinäkymä. Suomen ympäristökeskus 10.3.2016.
- Liite 3. Karttakuva, ilmaisohjelmilla luotu korkeuskäyrästökartta

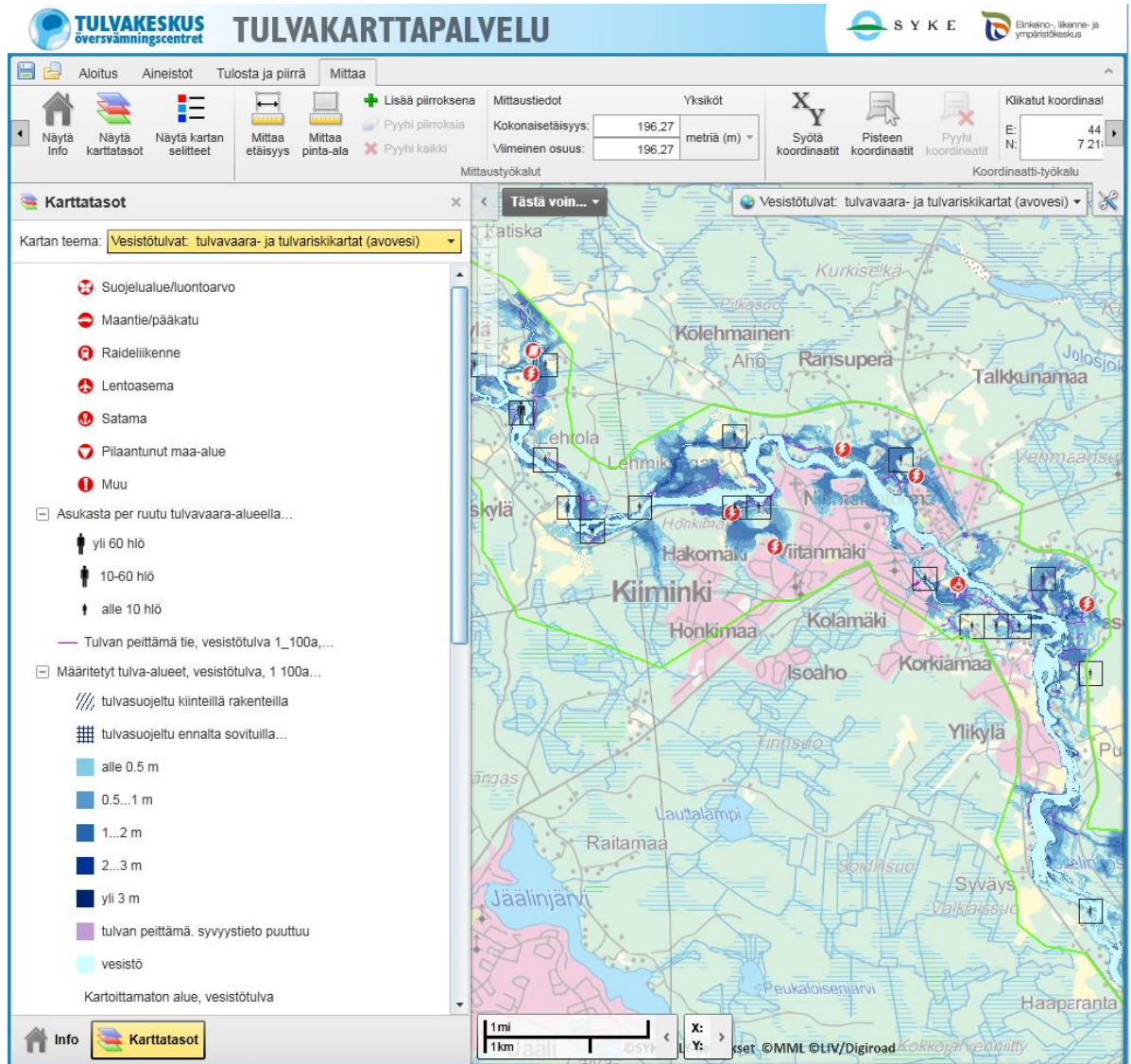


Liite 1. 2 (2)



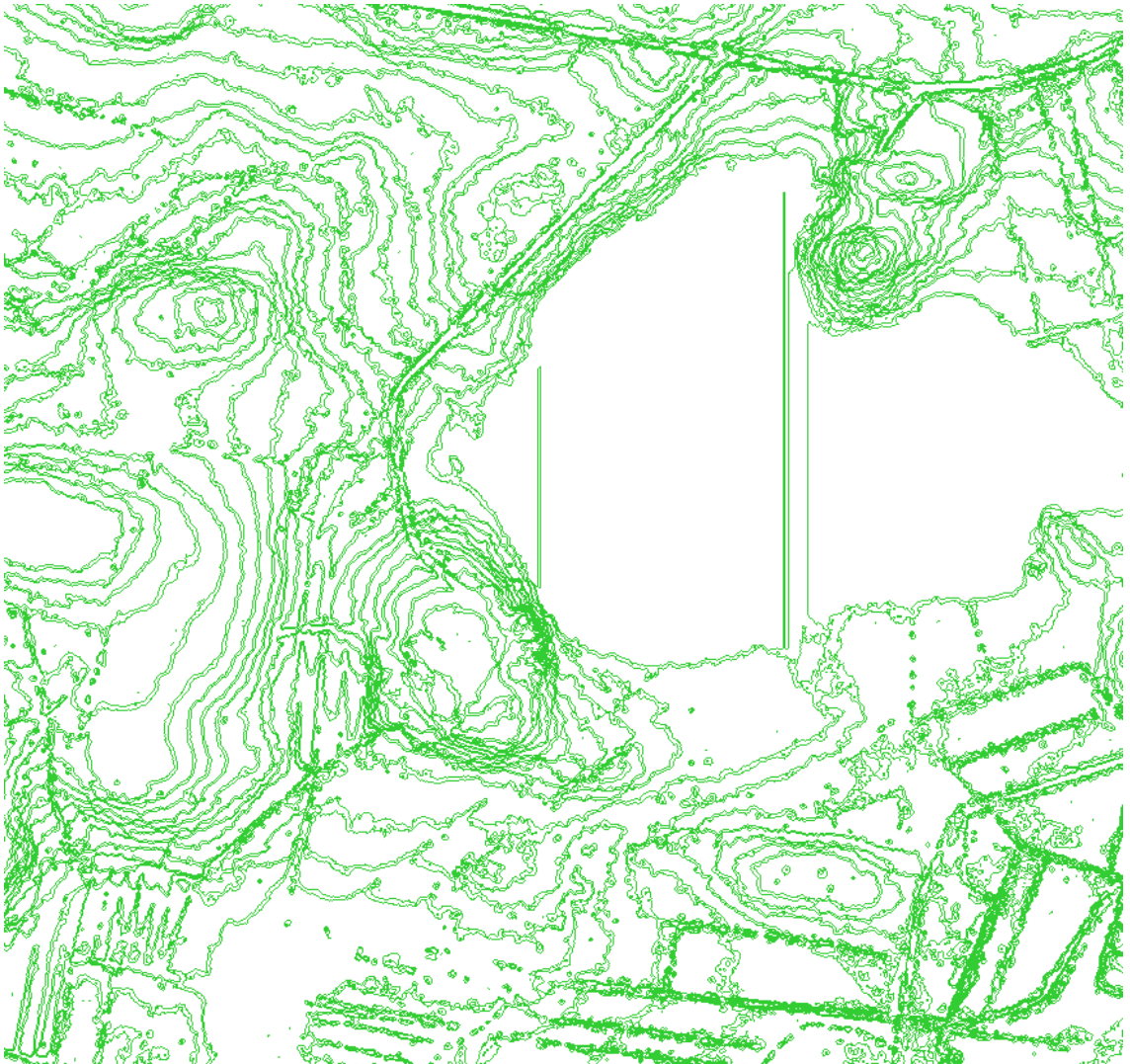
Vuodelle 2015 suunnitellut keilausalueet sekä jo aiemmin keilatut alueet. Keilaamatta olevat alueet sijaitsevat pääosin Pohjois-Suomessa.

Liite 2.



Kuvakaappaus SYKE:n tulvakarttapalvelusta, joka löytyy internetistä. Tulvavaarakartat ovat eräs esimerkki, jossa on hyödynnetty lentolaser-keilauksen tuloksena syntyneestä pistepilvestä johdettua korkeusmallia.

Liite 3.



Esimerkki karttakuvasta joka on luotu internetistä vapaasti saatavilla olevia Open Source -lisenssin omaavia ohjelmia hyväksikäyttäen. Kartassa käytetty aineisto on ladattu Maanmittauslaitoksen avoimen aineiston tiedostopalvelusta vapaasti saatavissa olevasta laserkeilauksen pistepilviaineistosta.